9

IICA

CIMMYT

PROCIANDINO

EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ EN EL AREA ANDINA

VOLUMEN III

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA PARA LA SUBREGION ANDINA

IICA
PROCIANDINO

BOLIVIA COLOMBIA ECUADOR PERU VENEZUELA

Copyrighted material

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA
DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA PARA LA SUBREGION ANDINA
P R O C I A N D I N O

EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ EN EL AREA ANDINA
VOLUMEN III

Quito, Ecuador
Octubre, 1995

Copyrighted material

Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia
de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina
PROCIANDINO
Dirección postal: Apartado 17-03-00-201
Mariana de Jesús 147 y La Pradera,
Quito-Ecuador,
teléfonos: 225697, 227194,
fax: (00593) 2-563172,
correo electrónico: prociand@iica.org.ec

CITACION:

IICA-PROCIANDINO. 1995. "Experiencias en el cultivo del maíz en el Area Andina". Volumen III. Edición: PROCIANDINO. Quito, Ecuador, 47 p.

Copyrighted material

CONTENIDO

Página:

Presentación
Por: Nelson Rivas V. i

Importancia del maíz en la Región Andina
Por: Ricardo Sevilla 1

Composición química y usos industriales del maíz
Por: Hugo Sánchez y Ricardo Sevilla 10

El maíz en la alimentación humana
Por: Ricardo Sevilla y Américo Valdez 26

El maíz en la alimentación animal
Por: Hugo Sánchez 33

Maíces de alta calidad protéica
Por: Antonio Manrique 36

Calidad comercial del maíz
Por: Luis Beingolea y Ricardo Sevilla 43

Copyrighted material

PRESENTACION

Disponemos para los destinatarios de la Misión del PROCIANDINO de un nuevo volumen de "Experiencias en el Cultivo del Maíz en el Area Andina", como instrumento técnico revelador de los progresos de este memorable producto, e importante soporte económico, social y cultural de las generaciones pasadas y futuras de esta región y su expansión geográfica.

Este tercer volumen presenta una amplia visión de la razón de ser del "maíz" en nuestros campos de cultivo, la agroindustria, la empresa agrícola y en la mesa familiar. Su contenido confronta estadísticas y reseña de resultados de investigaciones sobre su composición química y demás condiciones que favorecen sus usos en la alimentación humana, animal e industrial. En forma global, se analiza su importancia, como componente del desarrollo sostenible, en consideración a la competitividad y equidad.

Una vez más, un destacado grupo de profesionales ha vertido en este volumen convincentes experiencias y conocimientos propios o compartidos sobre el cultivo del maíz en el Area Andina. En esta oportunidad han participado capacidades del Departamento Académico de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de Lima-Perú, conformadas por Ricardo Sevilla, Hugo Sánchez, Américo Valdez, Antonio Manrique y Luis Beingolea.

Al disponer de tres volúmenes de esta serie, es meritorio reconocer la perseverante coordinación de Ricardo Sevilla en el cumplimiento del compromiso adquirido en su oportunidad por especialistas nacionales e internacionales de la Red de Maíz del PROCIANDINO, para difundir mediante esfuerzos conjuntos y en una tarea integrada, las "Experiencias en el Cultivo del Maíz en el Area Andina".

En los dos volúmenes anteriores, científicos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), de la Universidad Agraria de La Molina, y del Instituto Nacional de Investigación Agraria del Perú (INIA), aportaron sus valiosos dominios en el campo de la genética, y del mejoramiento y manejo del cultivo del maíz. De la misma manera, capacidades participantes del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) y de la Universidad Central de Venezuela (UCV), así como del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), expusieron las principales enfermedades del cultivo del maíz en el Area Andina, y su morfología y fisiología en Colombia. En el primero y segundo volúmenes intervinieron Ricardo Sevilla Panizo, Shivaji Pandey, Hernán Cevallos, Charles O. Gardner y Américo Valdez; y, Gino Malaguti y Carlos Díaz Amarís, respectivamente. Con este antecedente, cabe mencionar que está en edición un próximo volumen con temas relativos a: mejoramiento de maíz, cultivares mejorados y genética del maíz.

Basados en estas publicaciones y en el interés de los países, iniciaremos la elaboración de los "Newsletter" en maíz, cuyos contenidos estarán disponibles para la comunidad de investigadores, extensionistas, académicos y demás profesionales vinculados a los programas de desarrollo del cultivo del maíz en el Area Andina. La solidaridad de las capacidades nacionales, el CIMMYT e IICA, promoverán la sostenibilidad de este mecanismo, a través de esfuerzos conjuntos y de alianzas específicas.

Para los que disponemos de esta información, es un reto la utilización y difusión de la misma, en reconocimiento de quienes dedicaron su ejercicio profesional y personal para generarla y ponerla al alcance de una sociedad que aguarda sus mejores beneficios. Por su parte, el PROCIANDINO, como mecanismo de cooperación técnica recíproca, continuará respaldando estas actividades en cumplimiento de su Misión.

Ing. Nelson Rivas V.
SECRETARIO EJECUTIVO
IICA/PROCIANDINO

Copyrighted material

IMPORTANCIA DEL MAIZ EN LA REGION ANDINA

*Ricardo Sevilla**

INTRODUCCION

Para definir la importancia del maíz en la Región Andina (RA) es conveniente presentar algunos indicadores que muestren la situación del sector agrícola de los países de la región. En el Cuadro 1 se muestran los valores de población y superficie. El total de la RA, 94'196,000 habitantes, es el 20,6% de Latinoamérica (LA), y el 1,7% de la población mundial. Los países de la RA crecen a un ritmo anual similar al de todo LA, 2,3%, mientras la población mundial crece a un ritmo de 1,7% anual.

La población agrícola total de la RA es de 25'359,000 habitantes. La población agrícola es el 41% del total en Bolivia, 27% en Colombia, 29,7% en Ecuador, 36,1% en Perú y 10,1% en Venezuela. El porcentaje de la población agrícola en el total de la RA es como el de LA, aproximadamente 26%.

La superficie agrícola de la RA es relativamente más baja que la de LA. Solo Ecuador cuya superficie agrícola es 9,6% de la superficie total del país, es mayor que el porcentaje de tierra agrícola en LA, 7,4%. La densidad de población agrícola en la RA es una de las más altas del mundo, sobre todo en el Perú (2,1 habitantes por hectárea), y Ecuador (1,9). En LA es de 0,8 personas por hectárea.

El Cuadro 2 muestra el índice de producción de alimentos, considerando los aumentos relativos a la producción promedio de los años de 1979 a 1981. En general, el aumento en la producción de alimentos ha sido considerable, mayor que el promedio de LA y el promedio mundial, en todos los países de la región, excepto el Perú. Pero cuando el aumento se refiere a per cápita, se ve que los aumentos han sido insignificantes. En el caso del Perú la producción de alimentos per cápita actual es menor en 10% a la de los años de referencia (1979-1981). La disponibilidad de calorías por persona por día es menor que la mundial en los cinco países. Es muy baja en Bolivia y Perú. Aproximadamente, el 85% de las calorías que se consumen son de origen vegetal. Las estadísticas sugieren una imperativa necesidad de aumentar la producción y disponibilidad de alimentos en toda la región, que sigue creciendo a un ritmo casi incontrolable.

EL MAIZ EN LA REGION ANDINA

Superficie y producción

El maíz es el cultivo más importante de la RA, no solo por la superficie que ocupa (casi el 15% del área agrícola) sino porque casi sin excepción, todos los pequeños agricultores pobres de la región lo cultivan en extensiones relativamente grandes, que superan frecuentemente el 50% del área del predio, en regiones por debajo de los 3,200 msnm.

Es necesario distinguir dos sistemas de producción muy distintos. En las tierras bajas de la región se cultivan preferentemente maíces de grano amarillo duro, o blancos duros, que pasan por un proceso de transformación para ser consumidos. Los amarillos duros se utilizan en la alimentación animal, principalmente en la industria avícola. Los maíces blancos duros se procesan para consumo humano en forma de arepas, en Colombia y Venezuela. El cultivo de maíz en las zonas bajas está mucho más tecnificado que el de las zonas altas.

En las zonas altas de Bolivia, Ecuador y Perú, se produce y consume exclusivamente granos de textura suave harinosa; también en Colombia, aunque el consumo principal es de maíces blancos para arepa. Los granos suaves se consumen directamente; generalmente los consume el propio agricultor, aunque hay un mercado cresciente en las ciudades para el consumo de choclo (maíz verde). El nivel tecnológico y, por ende, la productividad, son más bajos en las zonas altas de la región.

* *Ing. Agrónomo M.S., Profesor Visitante, Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

Cuadro 1. Población y superficie total y agrícola de la Región Andina en comparación con Latinoamérica y el mundo.

País o Región	Población (miles) Total	Población (miles) Agrícola	Población Agrícola (%del total)	Superficie (miles ha) Total	Superficie (miles ha) Agrícola	Superficie Agrícola (%del total)	Población Agrícola por ha
Bolivia	7,522	3,086	41,0	109,858	2,308	2,1	1,3
Colombia	33,608	9,058	27,0	113,891	5,420	4,8	1,7
Ecuador	10,851	3,228	29,7	28,356	2,725	9,6	1,9
Perú	21,989	7,946	36,1	128,522	3,730	2,9	2,1
Venezuela	20,226	2,041	10,1	91,205	3,895	4,3	0,5
Región Andina	94,196	25,359	26,9	471,832	18,078	3,8	1,4
Latinoamérica	456,952	118,324	25,9	2053,471	151,954	7,4	0,8
Mundo	5389,198	2410,296	44,7	13391,558	1444,217	10,8	1,7

Fuente FAO: Anuario de Producción, 1991.

CUADRO 2. Indice de producción de alimentos en la Región Andina (base: promedio años 1979 a 1981) y disponibilidad de calorías diarias.

País	Producción de alimentos (en % de 1979-1981) Total	Producción de alimentos (en % de 1979-1981) Per cápita	Disponibilidad de calorías por persona/día Totales	Disponibilidad de calorías por persona/día Origen vegetal
Bolivia	139	106	2,013	1.662
Colombia	135	110	2,453	2,056
Ecuador	139	107	2,399	2,038
Perú	112	90	2,037	1.759
Venezuela	129	98	2,443	2.050
Mundial	125	105	2,697	2,272

Fuente FAO: Anuario de Producción, 1991.

Copyrighted material

La producción, superficie y rendimiento por hectárea de maíz se presenta para ambas zonas, en el Cuadro 3. La región produce un total de 3'925,000 toneladas, menos del 1% del total mundial; en una superficie de 2'395,000 hectáreas, el 1,85% del total mundial.

El 73% de la producción se obtiene en zonas bajas, en el 61% del área de la región. El 27% se produce en zonas altas, en el 39% del área. El maíz ocupa el 13,2% del área agrícola de la región. El 11,7% del área agrícola de Bolivia, el 14,9% de Colombia, el 16,8% de Ecuador, el 10,3% del Perú y el 12,2% del área agrícola de Venezuela.

Venezuela no produce maíz en las zonas altas. En general, el área de las zonas altas y zonas bajas cultivadas con maíz es casi similar en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, pero la productividad es mayor en las zonas bajas sobre todo en Ecuador y Perú. En promedio de la región la productividad de la zona baja (2,0 ton/ha) es casi el doble que la de la zona alta (1.1 ton/ha).

Los gráficos muestran dos hechos comunes a todos los países: Han habido notables aumentos en la producción a partir de la década de los años 60, pero alrededor del año 1990 hay un descenso brusco en la producción, excepto en Ecuador. En Bolivia, excepto los años 1964 y 1983, el aumento de la producción fue constante desde aproximadamente 250,000 toneladas hasta 550,000 en 1985. A partir de ese año la producción baja hasta 1991 a menos de 400,000 ton.

En Colombia el aumento notable se da a partir de 1988, llegando a un máximo en 1991 cuando se produjo 1'270,000 toneladas, producción que disminuyó notablemente en 1992. En Ecuador el aumento desde 150,000 toneladas en 1961 hasta 520,000 toneladas en 1991 y 1992 ha sido constante sobre todo a partir del año 1978 cuando se obtuvo muy baja producción.

Perú llegó a aumentar su producción desde 340,000 toneladas en 1961 hasta más de un millón de toneladas en 1989, pero en los últimos tres años hay una tendencia a la baja producción que en 1992 llegó a 510,000 ton.

Después de incrementos modestos en la producción en la década de de los años 70, Venezuela tuvo años muy erráticos y una brusca baja en su producción desde el año 1977 hasta 1981, donde se llegó al mismo nivel de producción de 1961, o sea, algo menos de 450,000 toneladas. En el año 1981 se inicia una tendencia a mayor producción hasta el año 1988 cuando llegó a producir 1'280,000 toneladas. La producción en los últimos años ha sido de niveles inferiores al millón de toneladas.

El consumo del maíz en la Región Andina

El consumo de maíz en la región ha estado creciendo progresivamente en las últimas décadas, principalmente por la demanda de maíz de tipo amarillo duro para la alimentación de aves. Bolivia y Ecuador satisfacen la mayor demanda con una mayor producción; ambos países no necesitan importar. Colombia ha reducido sus importaciones desde 200,000 toneladas en 1980 a casi cero en los últimos años.

Los dos países que importan más son Venezuela y Perú, que en 1993 llegó a importar casi 500,000 toneladas por la demanda de la industria avícola. El crecimiento de las importaciones en el Perú es de aproximadamente 20,000 toneladas anuales Venezuela importa entre 200,000 y 300,000 toneladas anuales.

Venezuela es el país que más consume maíces blancos duros; el 77% del consumo es de ese tipo. En Colombia también ese porcentaje es muy alto, 65%. Los otros países consumen maíces amarillos duros en las zonas bajas y maíces blandos harinosos en las zonas altas.

El consumo per cápita se presenta en el Cuador 4. El promedio de la región es de 49 kilos por habitante al año. El consumo humano es más importante que el consumo animal; es el doble a nivel de la región. En el Perú donde el consumo de pollos es muy alto, el consumo animal y humano son casi similares. Los valores altos de Colombia y Venezuela se deben al consumo de arepas; ese no es el caso de Ecuador donde el alto consumo humano corresponde a maíces suaves.

Copyrighted material

Cuadro 3. Producción, superficie y productividad del maíz en la Región Andina y comparación con Latinoamérica y el mundo.

País o región	Producción (miles ton.) Zona baja Zona alta Total	Superfic (miles ha) Zona alta Zona baja Total	% del área agrícola del país o región	Rendimiento (ton/ha)
Bolivia	263	132	-	2,0
	176	137		1,3
	439	269	11,7	1,6
Colombia	683	419		1,6
	494	387		1,3
	1,177	806	14,9	1,5
Ecuador	361	247		1,5
	170	211		0,8
	531	458	16,8	1,2
Perú	547	189		2,9
	223	197		1,1
	770	386	10,3	2,0
Venezuela	1,008	476	12,2	2,1
Región Andina	2,862	1,463		2,0
	1,063	932		1,1
	3,925	2,395	13,2	1,6
Latinoamérica	51,274	25,756	16,9	2,0
Mundial	477,349	129,146	8,9	3,7

Fuentes: FAO, Anuario de Producción 1991; CIMMYT, World Maize Facts and Trends 1991/92; Estadísticas nacionales.

Cuadro 4. Utilización del maíz en los cinco países de la Región Andina.

	Promedio	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela
Per cápita (kg/año)	49	66	29	40	64	68
% Uso humano	60	55	78	74	43	61
% Uso animal	30	35	12	15	47	30
% Otros usos	10	10	10	10	10	09

Fuente: CIMMYT 1989/1990. World Maize Facts and Trends.

Cuadro 5. Medios de producción agrícola en la Región Andina.

País o Región	% superficie con riego	N° tractores por mil ha	Fertilizantes kg nutriente/ha
Bolivia	7,1	2,25	2
Colombia	9,6	6,57	98
Ecuador	20,3	3,19	27
Perú	33,8	4,29	58
Venezuela	6,8	12,32	178
Región Andina	15,3	6,28	78
Latinoamérica	10,4	9,30	51
Mundial	16,4	18,40	100

Fuentes: FAO. Estado Mundial de la Agricultura y Alimentación, 1991; CIMMYT. World Maize Facts and Trends, 1991/1992.

Copyrighted material

Gráfico 1a. Producción de maíz (millones de toneladas):

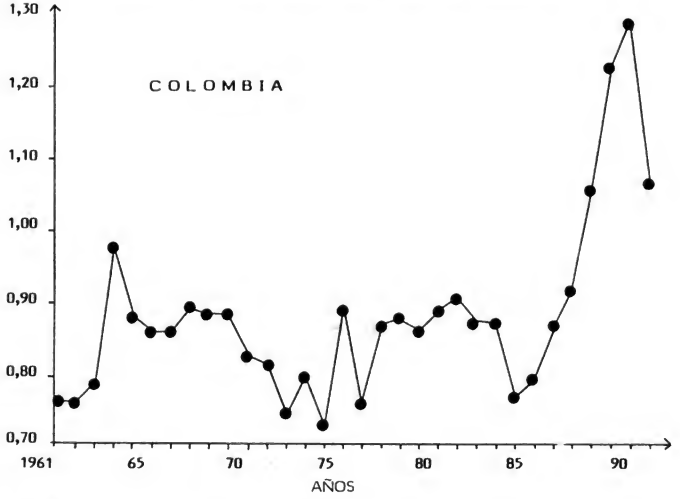
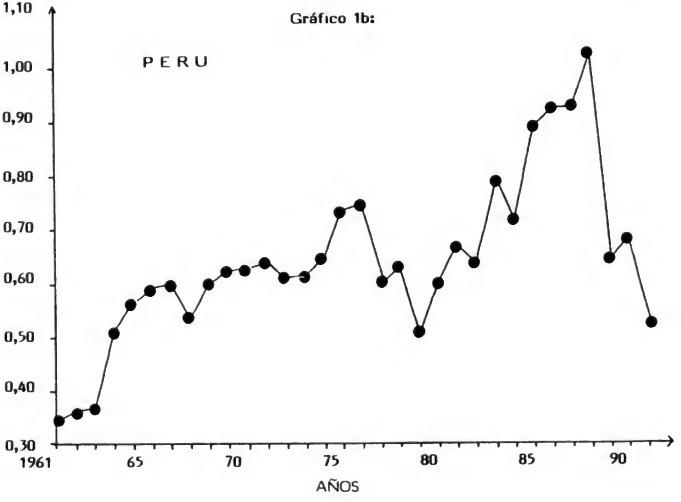


Gráfico 1b:



Copyrighted material

Gráfico 1c. Producción de maíz (millones de toneladas):

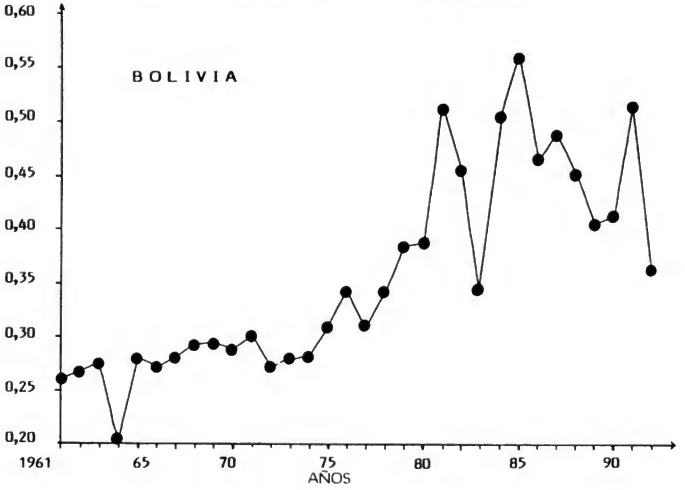
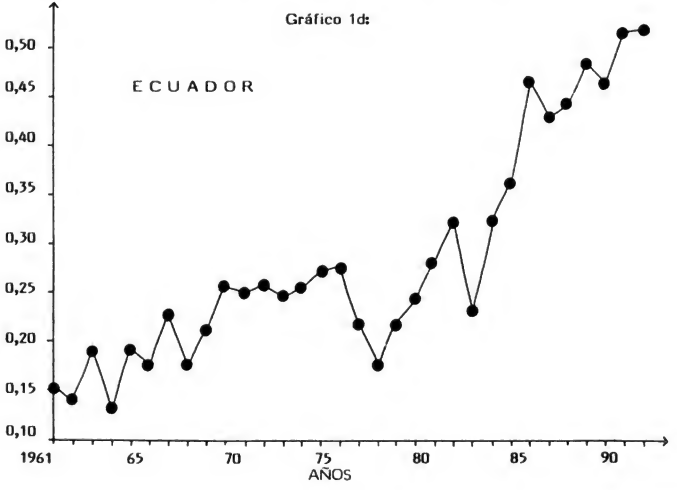
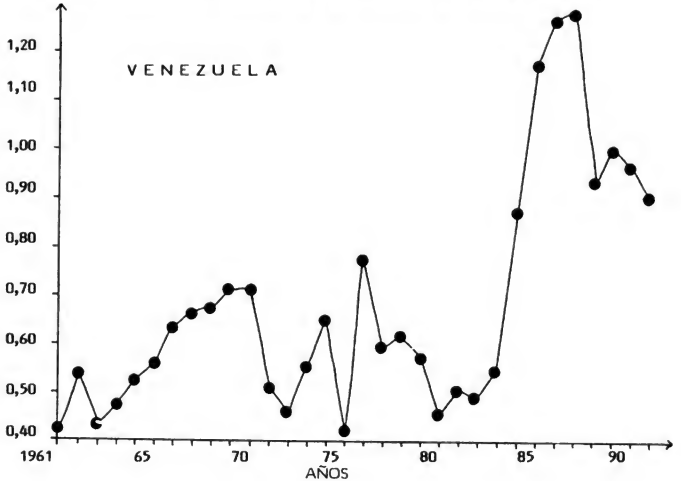


Gráfico 1d:



Copyrighted material

Gráfico 1e. Producción de maíz (millones de toneladas):



Posibilidades de aumentar la producción

Para discutir las posibilidades de mejorar el nivel tecnológico se presenta el Cuadro 5. La superficie bajo riego en Perú y Ecuador es muy alta en comparación con LA. La escasez de agua para la agricultura no es un problema grave en los otros tres países.

El número de tractores por 1,000 hectáreas, y la cantidad de fertilizantes aplicados por hectárea es un índice del nivel tecnológico. La cantidad de tractores por hectárea es muy baja en algunos países de la región; solo Venezuela supera al promedio de LA. En general, el promedio de la región es mucho menor que el promedio mundial. Una parte considerable de la RA presenta por características topográficas dificultades en la mecanización.

La cantidad de fertilizantes utilizada es muy baja en Bolivia, baja en Ecuador, regular en Colombia y Perú, y alta en Venezuela.

En general, el nivel tecnológico de la región es bastante bajo en comparación con los países desarrollados. La posibilidad de mejorar la tecnología a través de un mayor uso de mecanización, insumos y agua de riego, aumentaría los costos de producción hasta hacer no rentable la agricultura. Se espera que los precios de los combustibles y fertilizantes se eleven al liberalizarse las economías de la región, lo que afectará seriamente los costos de producción en algunos países de la región como Venezuela y Colombia. En Venezuela, por ejemplo, una unidad de nitrógeno se compra con un kilo y medio de maíz, mientras que los agricultores de los Estados Unidos tienen que comprar la unidad de nitrógeno con cuatro kilos de maíz.

El consumo de semilla mejorada es también muy bajo en la región. En Bolivia se estima que 41,000 hectáreas de maíz se siembran con semilla mejorada, o sea, el 15% del área maicera nacional. También en Colombia aproximadamente el 15% del área maicera se siembra con semilla mejorada. Ese porcentaje es menos del 20% en Ecuador, que corresponde a 103,000 ha, con una tendencia creciente.

Copyrighted material

El 22% del área de maíz del Perú, alrededor de 82,000 hectáreas se siembran con semilla de híbridos, casi todo en la Costa. En Venezuela la industria de semillas está más desarrollada. Se siembran 365,000 hectáreas con semilla mejorada, casi el 90% del área cultivada de maíz en el país.

En Bolivia el maíz es el cultivo que ocupa la mayor extensión. Se encuentra desde los llanos tropicales, de 300 a 1,000 msnm; en los valles interandinos, hasta las alturas que pueden superar los 3,000 msnm. Hay todavía mucha área disponible para agricultura, donde un alto porcentaje será sembrado con maíz. Dentro de la región, Bolivia es el país donde se espera un mayor aumento en la producción con la tecnificación del cultivo; sobre todo con un mayor uso de fertilizantes, agua de riego, mecanización y semilla mejorada.

En Colombia el cultivo del maíz está claramente diferenciado en dos sectores económicos: el tecnificado que siembra aproximadamente 100,000 hectáreas anuales, y el sector minifundista que siembra entre 500,000 y 600,000 hectáreas anuales. Incrementos de áreas en la Costa para cubrir la demanda de la industria avícola, y la tecnificación de las regiones agrícolas tradicionales donde un componente importante será el uso de semilla de variedades mejoradas, producirán aumentos de consideración en la producción.

En Ecuador, los notables aumentos en la producción que se han dado en los últimos años, se han producido en las zonas bajas que cultivan maíces amarillos duros. Un aumento en el uso de fertilizantes y de semilla mejorada puede lograr aumentos significativos de la producción en pocos años.

En la Costa del Perú se dan todas las condiciones para aumentar la productividad, para cubrir parcialmente los déficit del país. El aumento de áreas en la Selva, generó un importante incremento en la producción, pero problemas de transporte, infraestructura de almacenamiento, comercialización y otros de tipo estructural, disminuyeron las áreas en los últimos años. Además, problemas climáticos y sanitarios y de baja fertilidad de los suelos limitan la producción en la Sierra y Selva.

En Venezuela, áreas importantes de producción están dispersas por todo el país. En los Llanos Centro-occidentales y en los Llanos Centrales se presentan problemas de déficit de oxígeno por excesiva humedad en el suelo. En los Llanos Orientales hay problemas de acidez, toxicidad de aluminio y déficit de nutrientes.

El autoabastecimiento de maíz en los países de la región, o ya se está produciendo, como en los casos de Bolivia, Ecuador y Colombia, o se pueden conseguir con cierta facilidad como en Venezuela. Solo en el Perú se mantendrán déficit de significación, a menos que se aumente sustancialmente la productividad de la Costa y las áreas de la Selva.

La región difícilmente se convertirá en exportador de maíz, pero la producción que se espera aumente en los próximos años debe servir para mejorar el nivel alimenticio de la población, y para poner las bases para el desarrollo de una sólida agroindustria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CIMMYT. 1990. 1989/1990, CIMMYT World Maize Facts and Trends. México.

2. CIMMYT. 1992. 1991/1992, CIMMYT World Maize Facts and Trends. México.

3. CIMMYT. 1991. Reunión de Coordinadores Suramericanos de Maíz. Cali, Colombia.

4. FAO. 1991. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Colección FAO Agricultura No. 24. Roma, Italia.

5. FAO. 1992. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Colección FAO Agricultura No. 25. Roma, Italia.

6. FAO. 1992. Anuario de producción. Vol. 45. Roma, Italia.

Copyrighted material

7. FAO. 1992. Anuario de fertilizantes. Vol. 41. Roma, Italia.

8. PROCIANDINO. 1989. Plan anual del tercer año. Subprograma II-Maíz. Diagnóstico de la producción e investigación. Quito, Ecuador.

9. SILVA, Carlos. 1991. Producción y beneficio de semilla de maíz. Informe de Consultoría. PROCIANDINO. Quito, Ecuador.

Copyrighted material

COMPOSICION QUIMICA Y USOS INDUSTRIALES DEL MAIZ

*Hugo Sánchez * y Ricardo Sevilla ***

USOS DEL MAIZ

El maíz puede usarse íntegramente dando muchos productos además del grano entero. Los usos pueden ser: a) como alimento humano; b) como forraje para el ganado; c) como materia prima para la fabricación de productos industriales.

El uso principal del grano de maíz en la Región Andina es para alimentación humana, consumiéndolo directamente en verde y seco, hervido y tostado, o transformándolo en harina para preparar arepas. El grano se usa también en la elaboración de alimentos balanceados para la alimentación de aves. Muy poco grano entero se usa en la alimentación de cerdos y vacunos que es el principal uso del maíz en los grandes países productores. Un porcentaje muy pequeño se usa como forraje fresco para alimentación del ganado vacuno de leche.

En la Región Andina se industrializa menos del uno por ciento de la producción. Sin embargo, en este capítulo se describirá no solamente los usos más comunes del maíz en la región, sino todas las posibles alternativas de transformación, considerando que en un futuro cercano el maíz jugará un papel mucho más importante como insumo en el desarrollo regional, agroindustrial y en la alimentación humana en formas mucho más diversas que puedan ser utilizadas sin mayor consumo doméstico de tiempo y energía.

ESTRUCTURA DEL GRANO

Para entender la composición de los diferentes componentes que se utilizan del grano del maíz, es necesario considerar previamente su estructura desde el punto de vista de su utilización como alimento directo, así como también de su aprovechamiento industrial.

El maíz es un cereal de grano grande, formado de tres partes principales:

La envoltura o cubierta exterior, en forma de cutícula delgada, fina y fibrosa, que protege al grano. Esta envoltura comprende a su vez el pericarpio o envoltura propiamente dicha y la cofia, que es un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege el embrión. La envoltura total representa en promedio 6% del peso del grano, predominando en ella la fibra.

El germen o embrión, situado en la parte basal y ventral del grano, es rico en aceite, proteínas y minerales, representando del 9.5 al 12% del peso total del grano.

El endospermo o albumen es la parte feculosa y glutinosa del grano que rodea al germen excepto en su cara ventral donde el germen es cubierto solo por el pericarpio. La capa superior del endospermo es la aleurona, de espesor muy fino, generalmente de una sola capa de células, muy rica en proteínas y grasas. El endospermo representa aproximadamente el 80 - 85% del peso del grano. Está formado mayormente por almidón, el que puede ser cristalino, duro, o amiláceo blando. Depende precisamente del mayor o menor porcentaje de estos tipos de almidón la ubicación de las razas de maíz en los siguientes grupos agrícolas:

Maíz dentado.- El endosperma blanco harinoso se localiza en la corona del grano, y el endosperma amarillo duro, en el resto del grano y alrededor del embrión. Durante la madurez, el endosperma blando de la corona sufre una mayor deshidratación que el endosperma córneo lateral, formándose una depresión o diente en la corona del grano, parecida a la de un alveolo dental equino. Es el tipo de maíz que más se cultiva en los Estados Unidos, Europa, China, México y otras regiones productoras importantes del hemisferio norte.

** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Principal Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Costa Norte del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*
*** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Visitante, Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

Maíz duro.- Los granos de este tipo, llamados también córneos o cristalinos, se caracterizan porque contienen en su interior una porción pequeña de endosperma blanco suave harinoso, en tanto que los lados se encuentran llenos de almidón córneo, por medio del cual adquiere el grano una cierta dureza y protección, mostrando a la madurez una superficie lisa y brillante sin arrugas.

Existe una gran variación en los maíces duros que depende de la cantidad y localización del endospermo suave amiláceo dentro del grano.

Maíz blando o amiláceo.- Los granos de almidón dentro del endosperma están sueltos, sin la matriz de proteína. Por esa razón, el endosperma aparece flojo, suave, harinoso o blando. El endosperma harinoso siempre es de color blanco. Es el tipo de maíz que más predomina en la región alto-andina.

Maíz morocho.- Es una variación del maíz amiláceo, muy frecuente en la región andina. El endosperma es harinoso, pero la capa exterior debajo de la aleurona, de 1 a 2 mm de espesor es córnea dura, de color amarillo o blanco.

Maíz dulce.- El maíz dulce cuando está seco y maduro, presenta un endosperma arrugado debido a que los azúcares solubles del grano no se transforman en almidón. La parte que se arruga es la correspondiente al almidón córneo que, como en los maíces morochos, está en la parte externa del grano. Hay una gran variación entre los maíces dulces dependiendo del espesor del endospermo córneo en la parte externa del grano.

Maíz reventón.- En este tipo, todo el endospermo está formado de almidón córneo, fuertemente compactado en la matriz protéica. Bajo los efectos del calentamiento se produce la ruptura de la cutícula y la expansión del endospermo hacia el exterior, en forma de masa de color blanco.

COMPOSICION QUIMICA DEL MAIZ

Como los demás cereales, el grano de maíz es rico en almidón y pobre o relativamente pobre en celulosa. Por lo tanto, ocupa un lugar de preferencia por su contenido de elementos nutritivos digestibles totales y de energía neta, conjuntamente con el trigo, siguiéndole en importancia los sorgos del grano, el centeno y la cebada.

El maíz se usa, primordialmente, como fuente de calorías; sin embargo, debido al elevado uso que de él hacen, tanto los seres humanos como los animales, sus proteínas forman parte significativa del contenido protéico total de la alimentación.

Como el arroz y otros cereales, el maíz es pobre en proteínas. Las proteínas del maíz no son equilibradas en su constitución, ya que la proteína principal, zeína, solo contiene pequeñas cantidades de dos aminoácidos esenciales, lisina y triptofano y, por consiguiente, su utilización no produce resultados eficientes en la alimentación, a menos que esa deficiencia sea corregida por proteínas de otras fuentes de suministro.

Con excepción de la avena, el maíz es el cereal más rico en grasas, es pobre en calcio y relativamente rico en fósforo, contiene muy pequeñas cantidades de vitamina D, aceptables proporciones de vitamina A en el caso de los maíces amarillos y de vitaminas B y E.

El grano tiene una composición relativamente sencilla consoderándose que en promedio, cuatro quintas partes del mismo están constituidas por almidón y otros carbohidratos, y la quinta parte restante está constituida por proteínas, celulosa y elementos minerales. Se estima que, en promedio, una tonelada de grano proporciona 30 kg de aceite, 260 kg de sustancias alimenticias básicas y 550 kg de almidón. La composición aproximada del grano se indica en el Cuadro 1.

Según los valores indicados, se tienen las siguientes distribuciones porcentuales de las diferentes partes del grano:

Endosperma.- En promedio esta porción de grano representa, aproximadamente, el 82% del peso del grano.

El endosperma duro o córneo (o almidón córneo) que está en el caso de los maíces duros, en los costados y en el lomo del grano, constituye casi la mitad de este. Alrededor del 88% de esta porción es almidón, con

Copyrighted material

Cuadro 1. Composición química del grano de maíz.

Parte del grano	Cenizas	Proteína N x 6.25	Aceite	Azúcar	Carbohidratos Almidón	% del peso del grano entero
	%	%	%	%	%	
Endospermo	0.31	9.4	0.8	0.64	86.4	81.9
Germen o embrión	10.10	18.8	34.5	10.8	8.2	11.9
Pericarpio	0.84	3.7	1.0	0.34	7.3	5.3
Raquilla	1.56	9.3	9.3	1.54	5.3	0.8

solo 10-12% de proteínas, menos del 1% de celulosa, grasa y traza de minerales. **El endosperma harinoso** (almidón harinoso) que está ubicado en la punta del grano y rodeando parcialmente el germen o embrión, constituye alrededor de la cuarta parte del grano; es aún más rico en almidón que el endosperma duro, pero contiene menos proteína.

Germen.- En promedio, esta porción del grano, representa aproximadamente 12% del peso total. Contiene cerca de 35% de grasa, 18% a 20% de proteínas, 10% de cenizas y poco almidón.

Las cubiertas o tegumentos (pericarpio y raquilla).- Representan aproximadamente el 1% del peso total del grano.

Los datos expuestos, se refieren a la composición química de maíces duros, generalmente amarillos, es decir, de aquellos cuyo endosperma es córneo. Sin embargo, parece ser que no existe una diferencia significativa en cuanto a la composición química entre los tipos dentados, flint (duros) y aquellos suaves o amiláceos como puede deducirse en los análisis correspondientes a variedades peruanas, como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química del grano de 14 variedades de maíces peruanos.
(% del peso del grano).

VARIEDADES	TEXTURA	Sólidos Totales	Proteínas	Grasas	Totales	Carbohidratos Almidón	Azúcar reduc/	Fibra	Cenizas
COSTA NORTE									
Alazán	Harinoso	87.20	7.56	3.92	72.10	69.10	1.15	1.85	1.72
Colorado	Amiláceo	88.80	7.20	4.20	74.20	70.87	2.08	1.58	1.57
Blanco	Amiláceo	88.20	6.90	4.30	74.00	71.37	1.06	1.64	1.33
COSTA CENTRAL									
Perla	Duro	86.40	7.00	4.60	71.30	68.30	1.40	1.60	1.41
Pardo	Amiláceo	87.70	6.80	4.10	73.90	73.90	1.18	2.09	1.44
COSTA SUR									
Pachia	Amiláceo	87.60	6.50	4.28	74.00	70.63	1.37	2.00	1.45
Coruca	Amiláceo	88.68	8.04	3.83	74.13	70.88	1.10	2.15	1.46
SIERRA CENTRAL									
Blanco San Gerónimo	Amiláceo	88.10	6.46	4.00	74.99	71.04	1.21	2.44	1.59
Amarillo de Ancash	Amiláceo	87.30	7.30	4.10	72.82	69.44	1.54	1.84	1.48
SIERRA SUR-NORTE									
Morado-Kculy	Amiláceo	87.40	6.69	3.98	74.41	71.12	1.52	1.87	1.50
Confite	Duro	90.00	7.40	3.60	75.80	70.40	1.60	3.80	1.55
Blanco del Cuzco	Amiláceo	88.37	5.10	3.52	77.25	74.60	1.33	1.12	1.38
Chullpi	Amilo-sacarino	88.30	8.70	5.00	68.13	64.05	2.10	1.98	1.34
Montaña	Duro	84.16	7.38	3.60	73.00	69.30	1.22	2.48	1.36

Fuente: Estudio químico bromatológico de variedades de maíces peruanos (Tesis). Deza Farro E.

Hidratos de carbono y compuestos relacionados

Alrededor del 80-85% del grano de maíz está constituido por los glúcidos, bajo la forma de almidón, azúcares y fibra (celulosa).

Copyrighted material

El almidón.- Se encuentra mayormente en el endosperma. Está constituido por la amilasa y la amilopectina. Los maíces comerciales tienen en promedio 27% de amilasa y 73% de amilopectina, en cambio, el almidón de los maíces céreos está constituido casi exclusivamente de amilopectina.

La amilosa se encuentra en altos porcentajes en el maíz dulce, alcanzando hasta 50 y 82%, condición muy favorable para la industria de plásticos, celofán y películas.

El almidón natural es insoluble en agua, pero por calentamiento se transforma en dextrina, un producto intermedio entre el almidón y el azúcar. Se considera en promedio 0,32 de dextrina en el grano de maíz y 0,27% a 1,56% de sacarosa.

Los maíces "waxy" o cerosos homocigotas para el gene recesivo wx, tiene de 99 a 100% de amilopectina. La cantidad relativa de amilosa también puede aumentar por medios genéticos. El gene "ae" (amilose extender) produce granos de almidón con 50% de amilosa y 50% de amilopectina. La interacción de dos genes su1 (su, ary 1) y du (dull) aumentan el contenido de amilosa hasta 65%. El contenido de amilosa de su1 es 35%. La interacción de 3 genes: su1, su2 y du aumentan el contenido de amilosa a 77, pero su1 du y su1 su2 inhiben parcialmente la acumulación de almidón.

Actualmente, la industria del almidón utiliza solo maíces normales, excepto muy pequeñas cantidades de variedades con el gene wx, o con el gene ae. Sin embargo, actualmente, hay mayor interés por producir almidones especiales genéticamente, en lugar de producirlos con medios químicos en los procesos industriales.

Eso no solo reduciría los costos del proceso industrial, sino que el mercado está exigiendo progresivamente insumos naturales con la menor transformación química posible.

No se conocen las propiedades que tiene el almidón del germoplasma de la Región Andina, pero se puede suponer que con metodologías apropiadas de análisis, se podrá evaluar y seleccionar germoplasma con valores apreciados por la industria.

El método de análisis es una combinación de métodos colorimétricos y térmicos; el método detecta cambios en el color, asociados a cambios de las propiedades físicas y químicas de los almidones. Es necesario detectar el grado de gelatinización y el de retrogradación. La gelatinización es la ruptura del orden molecular al interior del gránulo de almidón. Cada variedad de maíz podría tener un grado distinto de gelatinización. Esto tiene mucho valor porque la textura y calidad de los productos que tienen almidón dependen del grado de gelatinización del almidón y de su grado de retrogradación. Esto ocurre cuando las moléculas de almidón gelatinizadas, se ordenan en una nueva estructura, dándole al almidón propiedades distintas a las moléculas originales.

Las investigaciones realizadas hasta ahora, principalmente en los Estados Unidos, han mostrado que hay una considerable variación para las propiedades térmicas de los almidones. Los análisis se han hecho con maíces de la faja maicera de los Estados Unidos, y con razas del trópico latinoamericano. Se espera que el análisis de las razas de las tierras altas de latinoamérica, donde se domesticó y pasó por un largo proceso de selección artificial para ser usado en múltiples formas, muestre mayor variabilidad y mayores posibilidades para desarrollar variedades con características especiales que tendrán un valor especial en la industria de transformación del maíz.

Proteínas

El contenido medio de proteínas del maíz integral es de 10% pero, aproximadamente, la mitad o tres cuartas partes de la proteína, se encuentra en las porciones de "gluten córneo" y "almidón córneo" del endospermo. El germen contiene más o menos la quinta parte de las proteínas.

No solamente la cantidad de proteínas es importante en el maíz, sino también su calidad. El maíz contiene 3 tipos de proteínas: a) la prolamina, soluble en alcohol, principalmente en forma de zeína; b) globulina soluble en solución de sal neutra; y, c) glutenina, según se indica en el Cuadro 3.

La zeína aporta casi la mitad de las proteínas totales del grano entero y, aproximadamente, la mitad de las contenidas en el endospermo. En el germen se hallan presentes solo pequeñas cantidades de zeína, siendo la glutenina la principal proteína de esta parte del grano.

Copyrighted material

Cuadro 3. Proporción de las proteínas indicadas en muestras de maíz amarillo (1.54% de N) y blanco (2.23% de N).

	AMARILLO		BLANCO	
	% en el grano	% total de la proteína	% en el grano	% total de la proteína
Globulina y albúmina	0.45	4.65	3.19	21.90
Prolamina (zeína)	5.00	52.00	6.00	41.40
Glutenina	3.15	32.60	4.50	30.80
N x 6.25 insoluble	1.03	10.70	0.88	5.90
Total	9.63	99.95	14.57	100.00

Fuente: Usos del maíz, FAO, 1954.

La zeína es una proteína imperfecta por su deficiencia en 2 aminoácidos esenciales para la alimentación: **lisina y triptofano** del que solo contiene residuos. Esta deficiencia está íntimamente relacionada con la **pellagra** (pelle = piel y agra = seca), enfermedad endémica exclusiva de los pueblos consumidores de maíz, caracterizada por la dermatitis de las partes del cuerpo expuestas a la luz solar o a la fricción, inflamación de la boca y de la lengua, diarrea crónica y la enteritis, ocurriendo en algunos casos desórdenes mentales. Se la llama también la enfermedad de las 3D: dermatitis, diarrea y demencia.

En contraste con la alta proporción de zeína en el maíz, la glutenina y la mezcla de todas las proteínas que existen en el germen están relativamente bien provistas de todos los aminoácidos esenciales y tienden así a compensar la deficiencia de la zeína cuando se **consume el maíz integral.**

En general, los tipos de maíz ricos en proteína, tienden a ser duros y cristalinos, mientras que el grano blando tiene generalmente menos contenido de proteína.

Puede aumentar el contenido de proteína del grano de maíz mediante el mejoramiento y la aplicación de fertilizantes nitrogenados. La mayor parte del aumento, sin embargo, corresponde a la zeína que no tiene mucho valor nutritivo porque los aminoácidos que la constituyen están deficientemente equilibrados.

El gene recesivo simple, denominado opaco-2, causa un incremento de lisina comparado con el endosperma normal. Además, este cambio en la composición aminoácida va acompañado por un cambio de la proporción de zeína a glutenina, mejorando de esta manera, la calidad protéica.

Grasas y sustancias relacionadas

El aceite es uno de los constituyentes más importantes del grano de maíz. Es un subproducto muy valioso de la industria almidonera y tiene alto valor energético para la alimentación del ganado.

La mayor parte del aceite se encuentra en el germen (80-85%) y el resto en la porción exterior de endosperma. Además, la proteína que contiene el germen, está biológicamente bien equilibrada (lisina y triptofano) siendo así el mejor para la alimentación del ganado que la proteína del endosperma. Por lo tanto, los maíces ricos en grasa que tienen una alta proporción de embrión, serán igualmente buenos para la alimentación del ganado. Como en el caso de las proteínas, es posible, también por mejoramiento genético, hacer variar el porcentaje de grasas en el maíz.

Copyrighted material

Se ha investigado bastante la composición química del aceite de maíz, encontrándose como constituyentes, cualitativamente, a los ácidos esteáricos, pálmico, oleico, linoleico, ricinoleico, fórmico, araquidónico, acético, caproico, caprílico, etc.

La linolina del aceite de maíz constituye más o menos el 50% de las grasas totales, siendo así una buena fuente de ácido linoleico, uno de los ácidos grasos esenciales no saturados que debe hallarse presente en los alimentos ingeridos, ya que no puede ser sintetizado por el organismo animal. En el Cuadro 4 se muestra el porcentaje de aceite que tienen las variedades peruanas y algunos híbridos dobles y cruzas simples. El contenido de aceite varía de 3 a 7%.

Cuadro 4. Contenido de ácidos grasos en el aceite de maíz.

ACIDOS GRASOS	%
Palmítico	9.6
Esteárico	3.0
Araquidónico	0.4
Oleico	34.2
Linolénico	80.0
Linoleico	0.6
Otros	2.2

Fuente: Chemical Composition of the mature corn kernel. John A. Cannon.

El contenido de aceite en el grano de maíz es una característica altamente heredable, y muy fácil de analizar con estrectoscopía de resonancia magnética. En los Estados Unidos se ha logrado aumentar el contenido de aceite hasta aproximadamente 20%. En otros cultivos como soya y girasol, la selección ha sido eficiente en aumentar la proporción de ácidos grasos no saturados en el aceite. En el maíz, el aceite es considerado de buena calidad dietética porque tiene alta proporción de ácidos grasos no saturados, principalmente linoléico y linolénico y baja proporción de ácidos grasos saturados. El único que se encuentra en esta proporción relativamente alta es el palmítico.

La evaluación preliminar del germoplasma de maíz, de países de regiones templadas que se presentan en el Cuadro 5, muestra valores promedios relativamente similares, y rangos estrechos, evidencia de que no hay mucha variación dentro de las poblaciones.

Cuadro 5. Porcentaje de ácidos grasos en el aceite de 5 accesiones provenientes de 4 países.

		Palmítico	Oleico	Linoleico	Linolénico
USA	Promedio	10.9	2.11	37.2	54.1
	Rango	9.6-13.8	1.75-2.58	25.8-34.3	47.2-60.0
Chile	Promedio	12.0	1.90	31.9	51.9
	Rango	11.2-12.9	1.86-1.99	26.5-34.4	50.0-57.4
Argentina	Promedio	11.9	1.90	32.2	51.8
	Rango	10.4-12.5	1.69-2.04	30.8-33.4	50.1-53.0
Uruguay	Promedio	12.5	2.00	34.5	48.8
	Rango	12.0-13.0	1.70-2.12	32.7-36.2	46.4-51.1

Copyrighted material

Sustancias minerales

De un modo general, puede decirse que el contenido de cenizas, del grano, es aproximadamente, de 1,3% con valores extremos de 1,2% y 1,7%. Este valor promedio es algo menor al del trigo y avena (1,7%), centeno (2,0%) y, más o menos igual al del arroz (1%) y cebada (1,3%).

Aproximadamente el 75% del total de cenizas se encuentra en el germen y el 25% en el endosperma exterior (córneo), siendo muy reducida la cantidad que se encuentra en el endosperma amiláceo.

El maíz es muy pobre en calcio, pero al igual que en otros cereales, relativamente ricos en forma de fitina, distribuida en todo el grano, lo que ejerce cierto efecto sobre el bajo poder calcificante del maíz. Contiene también aceptables cantidades de hierro.

Vitaminas

En el maíz, las vitaminas están localizadas mayormente en el embrión y en la capa exterior del endosperma, donde se halla la aleurona, situada inmediatamente debajo del pericarpio. La porción restante del endosperma es más pobre en vitaminas que cualquier otra parte del grano.

Cualitativamente, el maíz no solamente contiene vitaminas en el grano, siendo también en el ensilado, como puede verse en el Cuadro 6 donde se le compara con otros productos alimenticios. Puede advertirse, además, que la clase de vitaminas, tratándose del grano, varía según sea este de color blanco o amarillo.

Los carotenos y la vitamina A en el maíz

El maíz amarillo constituye una buena fuente de carotenoides o provitamina A, esto es, caroteno crudo compuesto por diferentes tipos de caroteno y criptoxantina (xantofila), sustancias que son fácilmente convertidas en vitamina A por el organismo animal. Los maíces blancos no contienen caroteno y, por lo tanto, carecen de vitamina A.

Los carotenoides convertibles en vitamina A se concentran en la capa pigmentada del endosperma, situada justamente debajo del pericarpio y en menor proporción en el embrión. Estos carotenoides son más utilizables, desde el punto de vista de la nutrición, que los de otros productos vegetales.

Complejo vitamínico B

Tiamina (B_1).- El maíz es bastante rico en tiamina, la mayor parte de la cual se encuentra en el germen, encontrándose solo en pequeñas cantidades en el pericarpio y el endosperma. El grano entero contiene mayor cantidad de tiamina que el arroz y el trigo molidos, pues mientras que estos dos últimos tienen 0,8 y 0,9 mcg/gr, el maíz presenta un valor medio en 4 mcg/gr con extremos de 2,54 y 7,40 mcg/gr.

Algunas investigaciones indican que hay más tiamina en el maíz blanco que en el amarillo. Se ha encontrado, por otra parte, que el maíz que crecía sobre un suelo tratado con superfosfatos tenía concentraciones significativamente más altas de esta vitamina.

Riboflavina (B_2 G).- En el maíz se halla presente una cantidad algo mayor de riboflavina que en el arroz y el trigo. El valor medio varía de 0,56 mg/lb a 1,31 mcg/gr de riboflavina, mientras que para el trigo se considera 1,12 mcg/gr.

Niacina (ácido nicotínico) (PP).- El contenido de niacina (Vit. PP Pellagra Preventive factor) en el maíz está íntimamente relacionado con la pellagra humana y con la elevada proporción de proteína presente, como zeína protéica imperfecta. De aquí que sea recomendable retener la aleurona en la harina de maíz, cuando esta se destina a la alimentación de poblaciones que consumen habitualmente este grano. El contenido de niacina del maíz integral es mucho menor que el del trigo o el arroz integral.

La niacina, al igual que el trigo, se encuentra en la aleurona del maíz, en una proporción media de 63% del total de niacina. La concentración en el resto del endosperma varía en proporción constante y decreciente al ir pasando de la región exterior a la interior y la cantidad total presente en el endosperma, aparte de la aleurona, es cerca del 20% del contenido global de niacina del grano (FA, 1954).

Copyrighted material

Acido pantoténico (B_5).- Se ha encontrado un contenido de 2,96 mg/lb de ácido pantoténico en el grano de maíz; sin embargo, se dan también valores de 6,42 mg/kg con variaciones que dan de 1,9 a 10,5 mg/kg.

Acido ascórbico (C).- Al igual que otros cereales, el maíz en su estado seco y maduro no contiene una cantidad apreciable de ácido ascórbico. El maíz dentado o duro que no ha llegado a la madurez, y el dulce sea verde, recién cocido, congelado o enlatado, contiene, sin embargo, una pequeña cantidad de vitamina C (0,07 - 0,11 mcg/gr); se observaron valores más altos en muestras con oscilaciones entre 0,14 y 0,18 mcg/gr.

Vitamina E (Tocoferol B y R).- Se halla en el embrión que puede contener 2 mcg/gr. El contenido medio en el grano es de 11,21 mg/lb.

Vitamina D.- Es insignificante el contenido de esta vitamina en el maíz.

Enzimas.- Se conoce la existencia de varias enzimas en el grano de maíz. Se indica la presencia de una enzima oxidante similar a la peroxidasa de la cebada, así como de pirogalol en cantidades casi imperceptibles.

Hormonas.- Se ha reportado la presencia de auxina en el grano de maíz maduro: ácido indolacético.

En resumen, el maíz, desde el punto de vista de su valor nutritivo, es muy semejante a otros cereales. Algunas de sus deficiencias como, por ejemplo, su bajo contenido de calcio y de lisina, son comunes en grado variable a todos los cereales; sin embargo, la diferencia más notoria entre el maíz, trigo y arroz, parece ser la deficiencia del primero en triptófano.

El tratamiento de los granos enteros varía de un lugar a otro. En la mayor parte se muelen después de separarlos simplemente de la mazorca y secarlos. En otros lugares, los granos se someten a un "tratamiento alcalino" antes de la molienda, remojándolos en el agua de cal o lejía para ablandar la envoltura o pericarpio. Este proceso, cuando se usa agua de cal, ejerce un importante efecto sobre el contenido de calcio del grano, permitiendo además que la niacina del maíz esté en mejores condiciones de ser asimilada durante la digestión. Cuadro 6.

Molienda del maíz

El grado de finura con que llegan los granos al consumidor depende, por otro lado, de los métodos de molienda, comprendiendo estos, desde aquellos métodos simples como el uso de morteros de piedra o de madera, hasta el uso de molinos de agua o mecánicos accionados por motor, o hasta una fábrica mayor dotada de maquinaria complicada.

Por lo tanto, el método y grado de elaboración de molienda influye en el valor nutritivo del maíz. Esto es evidente, si se tiene en cuenta que en la gran industria molinera, frecuentemente se desintegra el grano separándolo con sus distintas partes, que acusarán también distinta composición química a causa de la diferencia en las cantidades y proporciones relativas de las diversas fracciones del grano original que logren retener.

Se señalan hasta dos modalidades en la molienda comercial:

a) **Molienda húmeda al agua.-** Por este sistema, la materia molida no se criba ni se cierne para eliminar partículas del germen o pericarpio. El germen se deja en la harina y su presencia aumenta la calidad nutritiva y el sabor del producto.

b) **Proceso nuevo o molienda en seco.-** Análogo al que se emplea en la molienda del trigo.

Por este sistema, el grano se va reduciendo gradualmente en forma tal, que queden intactas varias partículas en la envoltura (salvado) y del germen, asegurándose la completa y más fácil separación del endosperma, pudiendo además, separarse en este último, las partículas blandas de las duras y córneas.

Los productos resultantes partiendo del grano entero son los siguientes:

Grano de maíz entero.- Granos enteros de maíz secado al aire o al sol y son separados de la mazorca.

Maíz molido o maíz descascarado sin moler.- Porción amilácea del endosperma que queda después que el grano entera se ablanda con vapor, se elimina el pericarpio y se suelta el germen a máquina.

Copyrighted material

Cuadro 6. Contenido de vitaminas del maíz y otros productos alimenticios.

FORRAJES VOLUMINOSOS SECOS	VITAMINAS					
	A	B	C	D	E	G
Alfalfa, heno excelente (con mucha hoja de color verde)	+++	+	0	++	+++	++
Alfalfa, heno de poca calidad	0 a +	+	0	—	—	+
Maíz (forraje total bien seco)	+	+	0	+	—	—
Forrajes color verde						
Alfalfa verde	+++	+	+++	0	+++	++
Maíz ensilado bueno	+ a ++	+	0 a +	0	+	—
Concentrados						
Algodón (harina oleaginosa)	0	—	0	0	—	—
Arroz (grano entero con cáscara)	0	++	0	0	++	—
Avena	0	++	0	0	++	+
Cebada	0 a +	++	0	0	++	+
Maíz (alimento de gluten maíz amarillo	++	—	0	0	0	0
Maíz amarillo	++	+++	0	0	++	+
Maíz blanco	0	+++	0	0	++	+
Maíz (harina de gluten maíz amarillo	+++	—	0	0	0	0
Trigo	0	++	0	0	++	+
Trigo (afrecho)	0	++	0	0	++	+
Trigo (germen)	0	++++	0	0	++++	+

Fuente: Alimentos y alimentación (MORRISON).

0	Indica que el alimento no tiene la vitamina o sola una cantidad insignificante.
+	Indica que el alimento contiene una cantidad apreciable.
++	Indica que el alimento es una fuente buena de vitamina.
+++	Indica que el alimento es una excelente fuente de vitamina.
++++	Indica que el alimento es excepcionalmente rico en vitaminas.
—	Indica que las informaciones no son definitivas.

Harina integral de maíz.- Granos de maíz enteros, en forma de harina gruesa. El material molido no se criba ni se cierne para eliminar partículas del pericarpio (cáscara) o del germen. A menudo se llama: Harina gruesa de maíz, con 97-100% de extracción.

La **"harina gruesa integral de maíz"** puede denominarse **"harina integral de maíz"** según el tamaño de las partículas producidas de harina gruesa integral de maíz; es un producto intermedio entre estas dos.

Harina de maíz descascarado.- Granos enteros de maíz molidos en forma de harina gruesa. Una parte considerable del pericarpio ha quedado eliminada, pero ninguna porción del germen o solo una pequeña proporción se ha separado del material molido; a menudo se denimina **"harina gruesa"** de maíz, de 90-96% de extracción.

Copyrighted material

Harina gruesa de maíz desgerminado.- Granos enteros de maíz molidos en forma de harina gruesa. La mayor parte del pericarpio (salvado) y del germen queda eliminado (85% extracción).

Germen del maíz.- Es un producto que se recupera cuando se obtiene harina gruesa de maíz desgerminado. Se incluye en la elaboración de harina de germen de maíz. El residuo, después de la extracción de aceite del germen, se denomina **torta de germen** y se utiliza en la alimentación animal.

Salvado de maíz.- Es el pericarpio o cascarilla delgada exterior recuperada durante los procesos de elaboración de harina gruesa de maíz, cribada o de harina de maíz desgerminada. Puede contener porciones de la capa de aleurona del endosperma eliminadas junto a la cáscara. Se usa como pienso, en algunas regiones, se añade a las gachas o tortillas de consumo humano.

En el Cuadro 7 se presenta el valor nutritivo de las diferentes partes en que se fracciona o separa el grano; y en el Cuadro 8 los valores porcentuales y calorías para tres tipos de finura en la molienda, así como la composición química del maíz comparada con otros productos.

Cuadro 7. Composición del maíz según su grado de finura.

	Calorías c/100 gr.	Proteínas %	Grasa %	H.C.
Grano o harina entera	356	9.5	4.3	72.9
Molido, grueso, cernido	360	9.3	4.0	73.5
Molido, fino, cernido sin germen	363	8.4	1.2	77.8

Tomado de: Composición de alimentos para uso internacional. FAO, 1949.

Cuadro 8. Composición química de los productos de la molienda del maíz comparados con otros cereales.

Material	Humedad %	Calorías c/100gr	Proteína %	Grasa %	Total %	Fibra %	Cenizas %	Calcio mg/100gr	Hierro mg/100 gr	Vit A mg/100gr	Tiamina Ulsmg/100gr	Riboflavina mg/100gr	Niacina mg/100gr
Harina de maíz entero	12	356	9.3	3.9	73.7	1.5	1.2	10	2.4	510A	0.38	0.11	2.0
Harina de maíz cernido	12	362	9.0	3.4	94.5	1.0	1.1	8	1.5	440A	0.30	0.08	1.8
Harina de maíz desgerminado	12	363	7.9	1.2	78.4	0.6	0.5	6	1.1	300A	0.14	0.06	1.0
Harina de trigo enr	12	333	13.7	2.0	71.0	2.3	1.7	41	3.3	0	0.90	0.12	4.3
Harina de trigo blanc. o	12	364	10.5	1.0	76.1	0.3	0.43	16	0.8	0	0.06	0.06	0.9
Arroz moreno	12	360	7.5	1.7	77.7	0.6	1.1	39	2.0	0	0.32	0.06	4.0
Arroz blanco pilado	12.3	362	7.0	0.3	79.4	0.2	0.4	24	0.9	0	0.07	0.03	1.6

A = Maíz amarillo

Fuente: El maíz en la alimentación. FAO, 1954.

Efectos del calentamiento y la cocción en el valor nutritivo del maíz.- El efecto que tales condiciones tiene sobre el valor nutritivo del maíz, es el mismo que en el caso de otros cereales.

La cocción.- Mejora su sabor y digestibilidad, facilita la asimilación de ciertos elementos nutritivos, mediante:

a) **El calor húmedo:** (Hervido) (cocción húmeda) que tiende a ablandar y desintegrar las fibras no digeribles, mientras que los gránulos de almidón queden hidratados para formar un material más soluble y asimilable.

Copyrighted material

b) **El calor seco:** ("Tostado") o ("cocido") o ("asado de maíz"), por el cual el maíz tiende a adquirir un color marrón, resultado en gran parte, de la desintegración del almidón con la consiguiente caramelización y carbonización.

Se ha encontrado que, en el curso de una cocción húmeda de maíz puede perderse una considerable proporción de tiamina (30%) o de riboflavina.

Las malas condiciones de almacenamiento.- Tienen también notoria influencia en el valor nutritivo del maíz debido, mayormente, a cambios químicos de la naturaleza enzimática, por acción de los fermentos sobre el propio grano o bien los hongos y bacterias presentes en este.

El almidón se descompone bajo la influencia de las amilasas y los azúcares resultantes tienden finalmente a convertirse en gas carbónico y agua. De esta manera, puede perderse hasta 55% del almidón por un mal almacenamiento.

Las enzimas proteolíticas del grano tienden a desnaturalizar las proteínas que, por hidrólisis, se convierten en polipéptidos y, finalmente, en aminoácidos, determinando una disminución en su digestibilidad, sobre todo tratándose de productos molidos.

La hidrólisis de las grasas del maíz se manifiestan más rápidamente que los cambios que ocurren en las proteínas o en los hidratos de carbono. El enranciamiento queda finalmente influido por el contenido de oxígeno y por la temperatura de la atmósfera circundante.

Aún cuando no ocurren modificaciones en el contenido de sales minerales por efecto de un mal almacenamiento, en cambio sí se presentan pérdidas de vitaminas, principalmente de la vitamina C (carotenoides) del maíz amarillo.

Las diversas preparaciones domésticas, hasta aquí señaladas son, desde luego, solamente una fracción de los que puede esperarse del maíz, si se tiene en cuenta la amplia gama de productos derivados en la gran industria molinera, como se verá más adelante.

INDUSTRIALIZACIÓN DEL MAÍZ

La utilización industrial de este grano puede dividirse en 5 categorías o tipos de procesos:

- Molienda en húmedo
- Molienda en seco
- Destilación y fermentación
- Tratamiento alcalino
- Alimento mixto para el ganado

Sin embargo, esta clasificación es solo relativa, puesto que en una planta de procesamiento industrial pueden además obtenerse, por la molienda, productos de destilación-fermentación o alimentos mixtos.

Molienda en húmedo

La molienda húmeda separa el grano de maíz en sus componentes: almidón, proteínas, fibras y aceite. La separación entre el germen y el pericarpio se hace más eficiente. Los productos intermediarios de almidón, proteína y aceite se pueden convertir en una gran cantidad de productos finales. En este proceso, el grano es limpiado y enseguida ablandado, remojándolo en agua caliente ligeramente acidulada con ácido sulfúrico, para separar el almidón de la matriz de proteína. La maceración se hace remojando el agua, de 24 a 36 horas a 45 - 48 grados C., para lograr la desintegración y dispersión de la matriz de proteína del endosperma y liberar el almidón. Se usa ácido láctico para suavizar el grano y el ácido sulfúrico para desintegrar la proteína.

Enseguida, los granos de maíz son triturados aparte, en molinos especiales, para extraerles los gérmenes que son más livianos a causa de la gran cantidad de aceite que llevan, que suben a la superficie y son extraídos. Aproximadamente, el 7% del peso seco del grano corresponde al germen.

Copyrighted material

Después del lavado, el residuo se muele finalmente y la parte más gruesa que está compuesta de pericarpio y fibra es separada mediante tamices. La fracción fibra, que corresponde del 9 al 15% del peso seco inicial del grano, se desagua, seca y prensa, constituyendo un ingrediente del gluten de maíz (gluten feed).

El líquido remanente llamado "licor de almidón" contiene el almidón, el gluten (fracción protéica) y partículas muy finas de celulosa. El almidón es separado del gluten bien sea por centrifigación o decantación. El gluten es después extraído del agua por medio de filtros de prensa, y desecado. El almidón se deseca para su venta o es tratado con agua acidulada bajo presión para convertir el almidón en azúcar, en la elaboración del jarabe de maíz y productos similares.

El agua de maceración en que se ha remojado el maíz, generalmente, se le evapora para recuperar los alimentos nutritivos solubles que han sido extraídos del grano durante el proceso de remojo. El agua de remojo arrastra proteínas solubles, carbohidratos y minerales del grano. El concentrado resultante después de la evaporación es usado como fuente de nutrientes en fermentación bioquímicas. Al residuo que queda se le llama "elementos solubles del maíz". En este proceso se obtiene por lo tanto: almidón, gérmenes -de los cuales se extraee aceite-, afrecho, gluten, elementos solubles.

En los últimos años ha aumentado considerablemente el procesamiento de maíz en molienda húmeda. La industria del papel usa, aproximadamente, el 40% de todo el almidón de maíz producido. Otros productos que se generan en la molienda húmeda son fructuosa o azúcar de maíz, alimentos preprocesados, y etanol como combustible.

La molienda húmeda produce una gran cantidad de productos, que pueden clasificarse, de acuerdo a su origen, en cuatro grupos: a) derivados del germen; b) derivados del gluten; c) derivados del almidón; d) derivados de la fermentación y destilación.

Derivados del germen.- Después de la primera molienda, los gérmenes que contienen más del 50% de aceite, se separan del resto del grano por flotación. Las tortas de germen, obtenidas de esta etapa del proceso, se usan como alimento animal. Las tortas tienen un contenido muy alto de proteínas, aproximadamente 20%. Después de lavar el germen, se elimina el almidón y proteínas adheridas, se separa el aceite del residuo por filtración, luego se calienta el aceite a 400 grados F. para eliminar las impurezas volátiles. El subproducto se utiliza como solvente para drogas.

Luego se enfría a 30 grados F y se filtra, para obtener aceite de mesa. El residuo se lava con sal y se hierve para producir polvo de jabón. Tratado con éter de petróleo se producen fosfátidos, con los que se fabrica: manteca vegetal, margarinas, caramelos, cosméticos y productos farmacéuticos. El aceite de maíz se utiliza también, para producir pinturas y barnices y grasa para enlatados.

Derivados del gluten.- El gluten es la fracción protéica del grano. Se obtiene por centrifugado y decantación de la mezcla, después de eliminar los restos del germen, eliminar las cáscaras y otras fibras por suspensión y de eliminar el agua con prensas. Cuando el gluten decanta, el agua y otros materiales disueltos se separan. El gluten se seca a 12% de humedad y se procesa para producir zeína y aminoácidos.

El gluten es una mezcla de sustancias nitrogenadas (proteínas) del grano. Se emplea:

1. En la preparación de los alimentos ricos en proteínas para animales. De estos alimentos, los más importantes, son los concentrados de gluten con 23% de proteínas y la torta de gluten con 41%. La torta de proteína se utiliza para preparar un producto de 60% de proteínas, denominado "gluten meal". En tanto tiene, además, pigmentos xantofílicos por lo que se utiliza en la industria.

2. En la preparación de plásticos, barnices y lana artificial, utilizando la zeína.

3. En la elaboración de otras proteínas, tales como ácido glutámico, leucina y tirocina y el aceite crudo de lecitina.

Con la zeína se obtienen plásticos y adhesivos y fibras textiles. Con el recobrado del hexano, que se usa para desengrasar, se hacen raciones para pollos.

Del proceso de fabricación de la zeína, resulta como derivado, el aceite de xantofila especial para la preparación de mezclas alimenticias vitaminizadas.

Copyrighted material

Derivados del almidón.- Con la molienda secundaria del endospermo se quiebran los granos en moliendas centrífugas de alta velocidad. Con ello se eliminan los restos del germen. Luego se pasa el material molido por una suscesión de tamices, y se lava con agua para la eliminación de cáscaras y otras fibras por suspensión.

Con el prensado se elimina el agua y con la centrifugación y decantación se separa el almidón del gluten.

En este estado se puede producir grits, que tiene menor contenido de grasa (1%) que el que se obtiene de la molienda seca. Luego se lava y filtra para purificar el almidón. Si se trata con agua acidulada a baja presión, se convierte el almidón en azúcar.

El azúcar de baja pureza (70 a 80% de dextrosa) tiene múltiples usos. El jarabe de maíz se obtiene calentando el almidón en tanques especiales llamados "convertidores", haciéndolo reaccionar por medio de ácido clorhídrico diluido.

El jarabe de maíz se usa en la industria de pastelería, panadería, caramelos, frutas en consevas, helados, chicles, refrescos, cervezas, jugos, jaleas, mermeladas, etc. En dietética sirve como suplemento de la leche de vaca para equilibrar la ración de proteínas y de azúcar. Lo utilizan, así mismo, las tenerías y fábricas de textiles, de adhesivos, de libros y de papel.

La dextrosa o azúcar de maíz se obtiene como producto final en el proceso de fabricación del jarabe.

Las fábricas de fermentos y de levaduras utilizan un subproducto de la fabricación del azúcar de maíz, llamado hidrol, que sirve para endulzar los alimentos concentrados para animales.

La dextrosa se emplea en la fabricación de los ácidos sacárico, oxálico y tartárico. Se puede transformar en Sorbitol utilizado en la síntesis del ácido ascórbico o vitamina C, o en el Manitol, empleado en la fabricación de explosivos.

Los adhesivos se fabrican hoy, principalmente, a base de almidón de maíz, una de las fuentes más económicas de gomas y colas.

El almidón es insoluble en el agua, pero por calentamiento se transforma en dextrina, un producto intermedio entre el almidón y el azúcar. La mezcla de dextrinas con algunos productos químicos y agua, da origen a un número considerable de colas, pastas y gomas. La dextrina de maíz tiene amplia aplicación en la encuadernación de libros, en la fabricación de maderas tripleadas, en la confección de muebles, en la fabricación de papel, de cartón y de toda clase de cajas de este producto; en la fabricación de cigarrillos y sus cajetillas, en la fabricación de fósforos y sus empaques. Las etiquetas y estampillas se engoman con dextrina. La dextrina está presente en el encolado y apresto de telas, de papel, de fibras artificiales, de plásticos y de muchísimos productos más. En la perforación de pozos de petróleo se utiliza un baño especial hecho con dextrina, que tiene por objeto afirmar las paredes para evitar derrumbes y, además, enfriar los taladros. Las tintas y colores permanecen más fijos si se emplea dextrina como fijador.

Producción del almidón.- Después de lavar y filtrar para purificar el almidón, se seca hasta 10 a 12% de humedad con aire caliente para producir el almidón de lavandería y las dextrinas. Tratado al calor, se produce un almidón grueso, aperlado, que se usa en lavandería, en tintes para imprimir telas y adhesivos. El almidón más fino, más pulverizado, se usa como polvo de hornear, y para budines, caramelos, etc.

Tratado al calor y con ácidos, se produce un almidón muy fino porque se destruye la estructura granular. Con oxidación se acorta el tiempo de cocción, hay una mayor fluidez, aumento de la adhesividad y menor ritmo de congelación. En esa forma se generan productos para encolar, hilos para tejidos, acabados de tejidos y gomas de mascar. Si la suspensión es más clara, el almidón se usa en colas para papel y acabados más finos de textiles.

La producción de dextrinas **con alto grado de degradación** del almidón sirve para fabricar adhesivos para sobres. Agregando urea más borax se producen adhesivos industriales.

La amilopeptina es una dextrina de alta solubilidad y baja viscosidad que se utiliza en adhesivos y alimentos. El almidón de maíz sirve para muchos usos:

En el hogar, para sopas, postres, mermeladas, salsas, lavado y apresto de la ropa.

Copyrighted material

En las industrias de alimentos, para maicena, polvo de hornear, flanes, goma de mascar. Se emplea en panadería, galletería y confitería; en el relleno de carnes y en la fabricación de salchichas, en el espesado de jugo de frutas y en la fabricación de varias clases de bebidas, como refrescos, cervezas, licores.

En el tocador femenino, para polvo faciales, coloretes, lociones, cremas, pomadas, perfumes y talcos. Se utiliza en cremas dentales y de razurar.

Las fábricas de papel lo usan para satinar y esmaltar el producto. En las textiles para la hilandería, el apresto y tinte de las telas.

En la industria siderúrgica, para aglutinar los moldes empleados en la fundición, en las tenerías para el curtido de pieles, en la industria extractora de aluminio como floculante del mineral. Es necesario el almidón de maíz en la producción de baterías secas, explosivos, fulminantes, alcoholes, caucho sintético, tintas.

Derivados de la destilación.- En la industria de fermentación y destilación, la materia prima en este proceso está constituida por el almidón y el azúcar del maíz, de los cuales por acción de microorganismos se pueden obtener numerosos productos como el alcohol etílico, acetona, ácido acético, alcohol butílico, glicol, ácidos caproico y caprílico, ácido láctico, ácido fórmico, glicerol, etc.

El almidón se convierte en azúcar que fermenta en un líquido con 10% de etanol. El líquido se destila y el agua que permanece en el destilado, es absorbido para recobrar el etanol anhidro. Este se mezcla con gasolina, en una proporción de 10% de etanol y 90% de gasolina.

El etanol pertenece a un grupo de combustibles clasificados como oxigenados. A diferencia del combustible de petróleo que solo tiene carbono e hidrógeno, el etanol tiene también oxígeno, produciéndose en la combustión dióxido de carbono, un gas no tóxico y reducido de la atmósfera por la fotosíntesis, en lugar de monóxido de carbono. El metanol tiene más oxígeno que el etanol, pero es corrosivo.

La fermentación de la dextrosa produce muchos otros productos químicos: acetona y butanol, solventes usados en la industria; butanediol, solvente y precursor del caucho sintético; ácido láctico, usado en la fabricación de polímeros biodegradables; ácido acético; ácido cítrico, usado en la industria de detergentes y soluciones para limpiar metales.

Una limitación en la industria de la fermentación del maíz es que se requiere microorganismos como levaduras y bacterias, cuyas cepas silvestres son muy poco eficientes y actúan muy lentamente. Por ejemplo, para producir etanol, se usa levadura en la fermentación (*Saccharomyus cerevisiae*). La fermentación del etanol toma de 24 a 48 horas y el etanol se produce a concentraciones muy bajas, menores del 10%. La fermentación del ácido acético, con la bacteria *Clostridium acetobutylicum*, toma de 36 a 200 horas, y la concentración es del 2 al 10% de acetona y butanol.

La ingeniería genética puede producir microorganismos que mejoren la capacidad biosintética.

Molienda en seco

La segunda fuente de consumo industrial del maíz es la molienda en seco. En contraste con la molienda en húmedo, este proceso es relativamente simple y los productos resultantes no son tan numerosos. Básicamente, la molienda en seco comprende la separación mecánica de las diferentes partes del grano, envolturas, endosperma y germen. Posteriormente, el endosperma es separado en fracciones o partículas de diferentes tamaños.

La molienda seca se inicia con la limpieza del grano y la separación electrostática para separar las partículas extrañas. Luego se agrega vapor de agua o agua hasta que el grano tenga de 20 a 24% de humedad, para que el grano resista el impacto mecánico sin dañarse.

El grano pasa por un desgerminador que impacta el grano, mediante paletas que estrellan los granos contra las paredes del cilindro. Luego, el material se seca, se aspira para aliminar el pericarpio, y se pasa por una mesa gravimétrica para recobrar el embrión.

El embrión, que tiene aproximadamente 35% de aceite, se prensa y refina para extracción de aceite comestible. La torta y cáscaras se mezclan para alimentación animal.

Copyrighted material

El endospermo se separa en fracciones. Una serie de molinos de cilindro y cernidores, reducen el endospermo a polvo. Las harinas finas se usan en panificación, como suplemento de harina de trigo, para fabricación de galletas y pastas que no requieran de gluten muy fuerte.

Las harinas progelatinizadas incrementan la capacidad de absorción de agua y son utilizadas para la fabricación de pan, pastas y galletas; en panes se puede mezclar hasta 20% de harina de maíz; y en galletas y pastas, hasta 40% de harina de maíz.

Bibliografía

1. BRESSANI, Ricardo. 1960. Agricultura en El Salvador. Año I, No. 1, enero-febrero/1960. INCAP.

2. CANNON, John. et. al. 1952. Chemical composition of the Mature corn Kernel Transactions. American Association of Cereal Chemists. Vol. X, No. 1. February 1952.

3. CODIGO DE ALIMENTOS. 1963. VII Congreso Latinoamericano de Alimentos. Caracas, Venezuela.

4. CODIGO SANITARIO DE ALIMENTOS. 1963. M.S.P.A.S. Perú.

5. COLLAZOS, Carlos, et. al. 1957. La composición de los alimentos peruanos. Boletín M.S.P.A.S. Segunda Edición. Perú.

6. CHARLOTTE CHATFIELD. 1949. Tabla de composición de alimentos para uso internacional. FAO. Boletín No. 3.

7. DEZA FARRO ELIZABETH. 1955. Estudio químico bromatológico de variedades de maíces peruanos. Tesis Facultad de Farmacia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

8. EL MAIZ Y SUS DERIVADOS. 1956. M.A. Colombia.

9. FAO. 1954. El maíz en la alimentación. Bol. No. 9.

10. GROBMAN, A., et. al. Races of maize in Peru. National Academy of Sciences, National Research Council, Publ. 915.

11. HERRERA, Luis. 1959. Estudio comparativo de maíces peruanos. Tesis E.N.A. La Molina.

12. KENT, Jones. 1955. Química Moderna de Cereales.

13. MORRISON, F.B. 1943. Alimentos y alimentación. Corporación de Fomento de la Producción. Vigésima edición. Santiago de Chile.

14. NICHOLSON, G.E. 1960. Chicha maize types and chicha manufacture in Peru. Economy Botany. Vol. 14, No. 4. Oct.-Dic./1960.

15. ORIHUELA, Miguel. 1965. Estudio sobre la posibilidad de sustituir un porcentaje de harina de trigo por harina de maíz. División de Comercialización. Dirección de Economía Agraria. M. Agric. Lima, Perú.

16. SCHMIDT, Hebel. Tratado de Bromatología.

17. SPRAGUE, George. 1955. Corn and corn improvement. Vol. V of Agronomy, Academy Press Inc. Publishers.

18. UTILISATIONS INDUSTRIELLES DU MAIS. 1960. Associaton Generale des producteurs de mais. 1950.

19. WINTON, Andrew. 1947. Structure and composition of foods. Vol. 1. Edit. HASA. Bs.As.

Copyrighted material

20. POLLAK, L.M. 1994. Utilization of elite LAMP accessions: Evaluating LAMP Germplasm for Value-Added Traits. En: VI LAMP Meeting. CIMMYT, México.

21. WOOT.TSUEN WU LEUNG y FLORES, Marina. 1961. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Instituto Nacional de Nutrición de C. América y Panamá. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Copyright CIMMYT

EL MAIZ EN LA ALIMENTACION HUMANA

Ricardo Sevilla y Américo Valdez***

CONSUMO DIRECTO

Es la forma más común de consumo en la Región Andina, sobre todo en Bolivia, Ecuador y Perú. Hay tres formas principales de consumo directo: tostado o cancha, mote y choclo.

Los granos de maíz harinoso suave, secos y tostados se denominan "tostado" en Ecuador, y **cancha** o **Kcancha** en el Perú. El maíz, después de cosechado seco, se guarda y se va consumiendo diariamente; antes de consumirse se tuesta suavemente, generalmente, en una olla de barro sobre la brasa. El maíz tostado o cancha se puede guardar varios días; por eso se usa como refrigerio en las faenas agrícolas, o en los viajes. Es el alimento principal en la dieta del poblador rural en las tierras altas de Ecuador y Perú. El grano de maíz harinoso, seco, entero y hervido hasta ablandarlo, se denomina **mote** o **mutti** en Bolivia, Ecuador y Perú. Es la forma de consumo directo más común en Bolivia, y el más importante, después de la cancha, en Ecuador y Perú.

Maíz para cancha o tostado, y para mote, se produce exclusivamente en la Región Alto Andina. Las razas que más se usan para consumirlas como cancha o tostado son: Huaca songo, Jampa tongo, Checchi o Janka sara en Bolivia; Mishca y Chillos en Ecuador; Paro, Ancashino, Piscorunto y Chullpi en Perú. Las que más se usan como mote son: Zhima en Ecuador; Huilcaparu, Kellu, Karapampa, Uchuquilla y Chaka sara en Bolivia; Cuzco, San Gerónimo y Morocho, en Perú.

El **choclo** es la mazorca tierna, cosechada cuando el grano llega a su tamaño normal, pero con mucho contenido de humedad. El choclo se consume hervido en agua. Además de los tres países citados, el choclo también es importante en Colombia, donde es la forma más común de consumo directo. En la Región Andina el choclo tiene que ser de grano grande, harinoso suave. Muchas razas pueden ser utilizadas para choclo; en Colombia, el choclo se produce en las tierras alto andinas, principalmente, en las razas Sabanero, Capio y Cacao. En Bolivia se produce en la Región Alto Andina, principalmente, de las razas Kajbia y Hualtaco. Las razas más chocleras del Perú son: Cuzco y San Gerónimo en la Sierra; y Pardo y Chancayano en la Costa. La raza Chillos, producido en la Sierra Norte del Ecuador, cerca a Quito, es la raza más importante para producción de choclo.

TRANSFORMACION ARTESANAL

Hay dos niveles de transformación artesanal: el maíz pelado y las harinas crudas. El maíz denominado **pelado** en Perú y Bolivia, y "trillado" o "peto" en Colombia, es el grano de maíz al que se le ha eliminado el pericarpio por un proceso químico (pelado) o mecánico (trillado).

Para producir el maíz pelado, los granos de maíz se cuecen en una solución alcalina, con cal o ceniza. Luego se pela a mano y se seca al sol. Si el cocimiento es completo y el grano queda blando, se denomina **mote pelado**. Con mote pelado se preparan muchos platos. En Colombia, el "mote" es una sopa de maíz con tripa (mondongo en Ecuador). En Perú, una sopa similar se denomina "patashca".

En el maíz **trillado** o **peto** se usa una trilladora para que por un proceso mecánico se separe el pericarpio, la punta del grano y el embrión, quedando solamente el endosperma. La elaboración de harinas en forma artesanal es muy común en toda la Región Andina. La forma más simple es la molienda del maíz entero crudo en un batán. Hay múltiples formas de usar las harinas crudas de maíz. Las más comunes son:

Lawa en Perú, sopa espesa de harina gruesa de maíz; en Bolivia se denomina **lagua** y se hace con un grano semitostado molido de razas de granos morochos. Si se usa el maíz Huilcaparu, la harina se diluye en leche de vaca para alimentar a bebes en lactancia.

** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Visitante, Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.*
*** Ing. Agrónomo M.S. Profesor Visitante del Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

En Perú, la sopa hecha con maíz medio tostado se denimina **harwilawa**. La harina de maíz tostado se usa en Perú y Ecuador para producir varios platos: Allpa, Sanku, etc.

La chuchuca de Ecuador se prepara con choclo tostado a medias y secado al sol. Hay una serie de variantes de acuerdo con la región. El **Chogllotande** es un pastel suave hecho con choclo maduro, que se denomina Chumal en Cuenca y Sambate en Loja. En Perú, la **chochoca** se hace con maíz choclo, sancochado y secado al sol.

La forma más común de usar las harinas crudas es en **tamales**. Se usa harina de maíz integral gruesa, a la que se le agrega manteca, sal y agua. Se usan, de preferencia, maíces duros. Se rellenan con carne de cerdo o gallina y se agrega ají y aceitunas. La masa toma forma cilíndrica, cuadrada o achatada. Hay una gran variedad de tamales. En el Perú, pueden tener diferente color y forma, dependiendo del lugar; se consume de preferencia en la Costa. En Colombia, adopta la forma de bola de masa de maíz y se agrega queso y caldo de carne. Al mismo se denomina **Chuspe** en Ecuador, donde se encuentran otras variantes, como el **Quimbolo** que es un pastel de harina de maíz tostado, envuelto en hojas de achira; y el **Chiquil** que tiene queso y es envuelto en hojas de maíz en Bolivia y en la Sierra del Perú, la forma más común es la **humita** que se prepara triturando el maíz lechoso, con manteca, sal, azúcar y queso.

En general, los tamales se preparan con harinas crudas y se cuecen antes de servirlos calientes.

El maíz fresco rallado se usa para preparar **pastel de choclo**, **locro**, **pepián**, etc.

Con el maíz tostado molido se prepara la **máshika**, en el Perú, a la que se le agrega azúcar; el **pittu**, en Bolivia, a la que se endulza con miel; las coladas, en Colombia, a la que se les agrega panela (chancaca), leche y coco; etc. En Ecuador, la colada a base de maíz morocho o mote previamente hervido y luego molido y cocido, se denomina **cauca**. En Ecuador y Perú, también se consume el **champuz**, que es una colada de maíz dulce con mote.

En toda la región se denomina **api**, a una mazamorra dulce, preparada en diferentes formas; en Bolivia, se prepara con el maíz Kulli. El mismo maíz se usa en el Perú, para darle color a la **mazamorra morada**.

HARINAS PRECOCIDAS

En Colombia y Venezuela, la industria de las harinas precocidas han tenido un gran desarrollo, principalmente, para consumo doméstico en forma de arepas y sus derivados.

En general, el proceso se realiza en 6 etapas:

1. Limpieza, separación magnética de partículas extrañas y tamizado.

2. Desgerminación, humedeciendo el grano durante 8 horas. Después de eliminar el embrión se separan dos partes: el 30% formado de material grueso consistente de endosperma partido (gritz); y el 70% de material fino.

3. Precocción y laminación, para lo que se somete el endosperma húmedo a tratamiento térmico durante 20 a 30 minutos. Luego se hace un laminado de hojuelas de 0,25 mm de espesor.

4. Secado de las hojuelas en secadoras rotatorios, para reducir la humedad al 12%, mediante la inyección de aire caliente.

5. Molienda, en molinos de martillo, cuando la humedad está entre 10 a 12%.

6. Empaque.

Lo que se logra con la precocción es una mayor digestibilidad del almidón. Como el grano de maíz pasa un tratamiento de altas temperaturas y presión, el almidón se modifica abriéndose las moléculas, lo que permite una solubilización instantánea del mismo. Ese proceso de gelatinización aumenta la capacidad de la masa para absorber agua, y la velocidad a la cual las enzimas descomponen los almidones en carbohidratos más simples y solubles. La principal ventaja de harina precocida es que el ama de casa no necesita cocinar durante un tiempo largo, ni con un gran consumo de energía doméstica, el maíz que requiere en la preparación de sus

Copyrighted material

alimentos. Todo lo que necesita es humedecer el producto al gusto y calentarlo. Además, el bajo contenido de grasa evita la fermentación; y la pasteurización permite conservarlo al medio ambiente.

Las harinas precocidas de maíz tienen muchos usos industriales. Las harinas precocidas de maíz tienen un tiempo de cocción similar a las harinas de trigo, pero presentan mayor elasticidad que las harinas crudas, permitiendo la retención de gases en la fermentación de la levadura en la panificación. Tres características facilitan el proceso de extrusión bajo vacío en la pastificación y compactación de carnes embutidas.

USO DEL MAIZ EN LA PANIFICACION

Aún cuando en la Región Andina se consume frecuentemente pan elaborado solo con harina de maíz, producido a nivel doméstico y en forma artesanal, la harina de maíz no se puede usar para hacer pan a nivel industrial, porque el pan requiere gluten como el del trigo, para permitir el levantamiento de la masa.

Varios estudios se han realizado en la región para sustituir en la panificación, la harina de trigo que la región no produce en las cantidades demandadas. La conclusión de esos estudios ha sido que la harina más fina de maíz puede sustituir parcialmente la harina de trigo, siempre que la proporción utilizada no altere las características físico-químicas del pan. El tipo de maíz utilizado es muy importante. Por ejemplo, en el Perú, se han encontrado grandes diferencias en el rendimiento de harinas, debido a la variedad (ver Cuadro 1).

La pregelatinización de la harina de maíz incrementa la capacidad de absorción de agua y permite sustituir un 20% de harina de trigo para la elaboración de pan; y hasta 40% de harina de trigo en la elaboración de pastas y galletas.

Cuadro 1. Rendimiento de harina y subproductos de cuatro variedades peruanas de maíz.

Tipo de grano	Harina	Rendimiento en sémola	Porcentaje moyuelo	Afrecho	Pérdida
Amiláceo suave	60.27	10.31	7.23	15.78	6.41
Morocho (semiduro)	20.60	30.56	21.16	21.13	6.45
Duro	4.39	16.85	32.16	35.31	11.29

Tomado con modificaciones de: Estudio sobre la posibilidad de sustituir un porcentaje de harina de trigo por harina de maíz. Miguel Orihuela.

TORTILLAS

La tortilla de México y Centroamérica no se usa en la Región Andina. Sin embargo, se describe su proceso por la importancia que podría tener en la dieta alimentaria de la población, sobre todo rural.

El proceso de fabricación de las tortillas se denomina "mixtamalización". El grano de maíz se calienta en un medio alcalino, para ablandar el grano por adsorción y disolución de la matriz protéica del endospermo. A nivel doméstico, el maíz se remoja de 12 a 14 horas en agua hervida, a la que después se agrega cal o hidróxido de calcio, en una proporción de 1%, o sea, 10 gramos de cal por cada kilo de maíz. Se elimina el agua, se lavan los granos y se muelen en un batán, humedeciéndolos hasta que se forma una masa fácilmente amasable.

El cocimiento en un medio alcalino, solubiliza una parte de las hemicelulosas de las cubiertas externas del grano, rompiéndose la estructura fibrosa del pericarpio el que se desprende del grano fácilmente. Se produce una gelatinización incipiente de los gránulos de almidón de las capas más externas de la semilla. El hidróxido de calcio es lavado íntegramente en el agua de lavado. La gelatinización completa del grano se produce durante el cocimiento de las tortillas en la plancha caliente, durante uno o dos minutos.

En el proceso industrial, el maíz es mezclado con agua y cal, y cocinado a altas temperaturas durante aproximadamente 1 hora. El tiempo y temperatura dependen de la textura y volumen del grano. Después, el maíz se remoja de 8 a 16 horas y se lava en agua, para eliminar el pericarpio y los restos de cal; se muele y

Copyrighted material

se aplana. Si esta se hornea, se producen tortillas, si se fríe se producen "chips", y se seca y muele se produce harinas para hacer tortillas.

AREPAS

Antes de que existieran las harinas precocidas, era muy común en Colombia y Venezuela, la molienda doméstica de maíz seco, de tipo blanco duro, para la elaboración de las arepas.

La arepa más simple se prepara con el maíz molido y tamizado. La arepa de maíz pelado se elabora con maíz cocido, molido y cocinado en una parrilla. La arepa de maíz sancochado se prepara con maíz a medio cocer.

En algunos lugares de Colombia, todavía se consume, en volúmenes considerables arepas preparadas íntegramente en casa, desde la molienda del grano seco hasta la preparación de la masa y el horneado de las arepas. Sin embargo, el consumo masivo a nivel doméstico es a partir de las harinas precocidas; y a nivel comercial, el consumo de una serie de derivados, como el pan de queso, buñuelos y empanadas, etc. En Venezuela, las arepas se preparan con harinas precocidas; en general, se consumen rellenas de queso, jamón y varios tipos de carne.

USO DEL MAIZ EN LA FABRICACION DE CERVEZA

La elaboración de cerveza, a partir de la malta, resulta en una bebida con alto contenido de proteínas. La utilización de gritz de maíz le da a la cerveza un color más brillante y una consistencia más ligera, o sea la hace más apetecible y refrescante. Además, presentan un menor contenido de polifenoles y antocianógenos.

Los gritz son las partículas más grandes que se originan en la molienda del maíz; su tamaño varía de 900 a 300 micrones. Los gritz de mayor tamaño disminuyen los rendimientos de extracción; y los de menor tamaño originan problemas en la filtración. Sin embargo, no siempre se usan los grados óptimos, porque el gritz es un derivado y, por lo tanto, los más económicos no son necesariamente los mayores para la industria cervecera.

La producción de gritz se hace con un desgerminado previo. El desgerminado puede ser en seco, por impacto, y en húmedo.

La desgerminación en seco se realiza en desgerminadores verticales. El pericarpio, glumas y raquilla se eliminan con aspiradoras, y el germen con una mesa gravimétrica. Los pedazos de endospermo se muelen con rodillos y se separan las partes con una serie de zarandas. El proceso húmedo permite contar con una masa inicial que es endospermo puro. El contenido de los lípidos de los gritz es muy bajo; el contenido de grasa es menor de 1%. En el proceso húmedo es necesario secar los gritz que no deben tener más de 13% de agua.

BEBIDAS

Las bebidas preparadas a base de maíz con el nombre genérico de chicha, pueden ser de dos tipos: alcohólicas y no alcohólicas. Entre las primeras, la más importante es la chicha de jora; y entre las no alcohólicas, la chicha morada.

La chicha de jora.- Es una bebida muy antigua, hecha de maíz. Su antiguedad se refleja en las múltiples formas de elaboración; cada región tiene una forma diferente de preparar la chicha.

Todavía se encuentra en Bolivia y al norte argentino la chicha "mukeada", o sea chicha preparada con insalivación de la harina seca, o directamente de la masticación de los granos de maíz. El "muko" producido se coloca en una olla de barro donde fermenta. Ya casi no se elabora chicha "mukeada". El proceso más frecuente de preparación de la chicha consiste, en términos generales, de 3 pasos: el malteado o germinado, la molienda de la jora; y la fermentación.

El germinado se obtiene remojando el maíz en pozas de germinación, formando una capa de 2 a 4 cm de altura, o simplemente se remoja el maíz dentro de sacos de yute. Después de remojar durante 24 horas, se escurre y se deposita el maíz hinchado en pozas de mayor área. Luego se cubre con paja y una lámina de agua, para humedecer y favorecer la germinación. Cuando ha emergido el coleóptilo, se sacan los granos de

Copyrighted material

la poza y se secan al sol. El maíz permanece en la poza, aproximadamente, 8 días en zonas calientes, y hasta 20 días en regiones más frías.

Los granos de maíz germinado se determinan jora o wiñapu. La jora se muele para obtener la harina de jora. Se puede moler en un batán casero o se lleva a los molinos donde se obtiene un producto de granulación intermedia.

La jora molida se coloca en una vasija con agua, en una proporción de un kilo de jora por 10 litros de agua; y se agrega una pequeña cantidad de harina de trigo. Se hierbe y calienta la mezcla durante 6 horas o más o menos. Luego se retira del fuego y se cuela; el líquido colado o "uppi" o "apuñado" se deja enfriar toda la noche. Al día siguiente, se traspasa a una vasija de barro, se agrega un poco de "borra" que es de concho o sedimento de una chicha previa, y que actúa como la levadura; o se agrega un poco de cerveza o chancaca, y se deja fermentar.

La vasija se tapa con una tela de algodón. A las 24 horas se inicia la fermentación. La primera chicha tiene un grado alcohólico muy bajo, aproximadamente 2 ; en el Norte del Perú a esa primera chicha se le llama "clarito". Conforme transcurre el día, la chicha se hace más fuerte, pudiendo llegar hasta 60 de grado alcohólico. En consideración a las buenas cualidades nutricionales de la chicha, y al consumo diario de una importante proporción de las regiones agrícolas más pobres de la Región Andina, es conveniente discutir algunas modificaciones del proceso tradicional, que se están usando para producirlas en forma industrial, para mejorar su calidad, sanidad, estabilidad y consumición.

Las modificaciones consisten en incrementar la capacidad de las pozas de germinación, la eliminación de radícula y coleóptilo del grano, para que quede únicamente el almidón, un secado más completo de la jora, la molienda en un molino de martillo, para obtener una harina más fina, la eliminación del filtrado y el hervido en recipientes metálicos de gran capacidad.

La fermentación se realiza observando las normas técnicas para lograr una mayor eficiencia y mayor control de los alcoholes producidos. La pasteurización permite su conservación y un consumo más generalizado. Como cualquier otra bebida, el envasado debe permitir una mejor conservación y mejorar la apariencia.

La chicha morada.- Se hace diluyendo en agua las antocianinas de maíces denominados negros o morados. pertenecientes a la raza Kculli o sus derivados. Estos maíces son valiosos porque la cantidad de antocianina que producen los hacen muy competitivos con otras fuentes vegetales de pigmentos.

Los pigmentos de origen vegetal se usan para colorear alimentos, bebidas y golosinas. Para evitar la formación de aminas cancerígenas, se exige que los colorantes usados en la alimentación humana, lleven grupos sulfónicos o carbóxidos que aumentan la solubilidad del pigmento en el agua y, por consiguiente, pueden eliminarse más fácilmente los organismos. la presencia de grupos H2 aumentan la posibilidad cancerígena de algunos colorantes. La antocianina es un compuesto flavonoide; son glucócidos cuyo color resulta de la combinación de la estructura antociánica con los monosacáridos.

El color específico depende del Ph. En solución ácida, la antocianina es roja y el solución alcalina es azul. Las antocianinas y los flavones (pigmentos amarillos) son reversibles por oxidación y reducción. Por oxidación, las antocianinas se convierten en flavones, y por reducción los flavones se convierten en antocianinas.

Todas las antocianinas son solubles en agua. La concentración del pigmento altera el matiz. En el maíz, el pigmento está gobernado genéticamente; aunque todos los genes responsables son mayores, cualitativos de alta heredabilidad, la herencia es muy compleja porque hay mucha interacción de genes no alélicos, que hay que entender para poder producir un insumo muy homogéneo para la industria.

La antocianina, que se usa en la industria y en la elaboración de la chicha morada, se encuentra en el pericarpio y en la tusa o coronta (gluma y raquis). Para que el pericarpio sea negro es necesario que estén presentes los siguientes genes: P^{rr}, p1 (cuando está presente p1 se producen tusas de color rojo), y r^{ch} que produce además anteras morado oscuras. Si no está presente r^{ch} el grano es de color rojo. Aunque esté presente r^{ch}, la tusa es blanca si está presente el alelo P^{rw}.

Además, hay otros genes estructurales reguladores y una serie de modificadores e inhibidores. Los genes A, A2, C2, Bz1 y Bz2 son estructurales C y R son reguladores. El gene C tiene dos alelos: C-p, sensible a la luz, y C-n no sensible a la luz. El alelo r^{ch} también requiere de luz solar para expresarse.

Copyrighted material

Extracción del pigmento.- La extracción se realiza con agua caliente, manteniendo el maíz en ebullición durante 30 minutos. Un mayor tiempo ocasiona cambios de color en el pigmento, por degradación en la antocianina. Además, con una mayor exposición al calor, se extraen otros elementos del grano, dificultándose la purificación del pigmento en el extracto. Después de la extracción, se realiza el colado para eliminar granos y restos de tejidos de la tusa; y el filgrado para eliminar las impurezas.

El siguiente paso es la concentración por evaporación del agua. Después se hace la purificación para eliminar azúcares, flavones, taninos y carotenos. Después de la extracción es necesario estabilizarlas para que se pueda mantener el calor porque las antocianinas son muy sensibles a la acción de diferentes factores, como la luz, oxígeno, temperatura y pH, luego se seca por atomización a 70 - 80 grados C. y se empaca.

El proceso doméstico para producir la chicha morada es parecido, solo que no se emplean medios químicos para purificar y estabilizar el pigmento, y no se seca. Al extracto acuoso se le agrega frutas, limón y azúcar al gusto.

Para que las antocianinas del maíz tengan futuro como insumo industrial, las variedades productoras deben tener dos requisitos: muy alto rendimiento y muy alto porcentaje de antocianina; la conbinación de los dos. hará que la antocianina del maíz sea competitiva con otras fuentes de pigmentos.

Harinas para pastas y pasteles.- Los productos de la molienda del maíz tienen múltiples usos en la alimentación humana. Las partículas más grandes, los gritz, se usan principalmente en la fabricación de cerveza. La **polenta** se obtiene mediante la cocción del gritz. La polenta es el grano más grande de la molienda del maíz, usado en la elaboración de pastas. Con los granos de menor diámetro se elabora la **sémola**. La sémola se prepara eliminando primero el pericarpio y el germen.

Harinas pregelatinizadas se utilizan en la elaboración de galletas y fideos. La harina para panificación es la harina más fina. Es la que se usa más frecuentemente en pastelería.

La harina integral es una harina producida cuando se muele el grano con pericarpio y germen.

La maizena.- Es una harina muy fina, con alto porcentaje de almidón. Tiene un alto contenido de hidratos de carbono de fácil digestión.

En general, las harinas de maíz son de muy fácil cocción y permiten preparar los alimentos rápidamente, les dan buen volumen y consistencia, y se conservan con facilidad. La gran diversidad de tipos de maíz, de diferente textura de grano, permitiría tener variedades especiales para los diferentes tipos de harina. Aunque todos los países tienen posibilidades de producir harinas de muchos tipos y, de hecho, casi todos las producen, la industria no se podrá desarrollar si el precio del maíz es muy alto. La industria harinera requiere un maíz producido con mucha eficiencia, con alta productividad y bajos costos de producción.

Bibliografía

1. CAMARA-HERNANDEZ, J. y CABEZAS, A. 1976. El maíz y sus usos en la Quebrada de Humahuaca. Jujuy Cultural 5, 1er. cuatrimestre 1976. Jujuy, Argentina.

2. DESCHAMPS, I. 1983. Reseña sobre el aprovechamiento del maíz para consumo humano. Tecnologías aplicables. En: Mesa Redonda sobre Transferencia de Tecnología Maicera para consumo humano. Bogota, Colombia.

3. DUVICK, D.N. 1993. Breeding Maize for New Industrial Uses. En: Proceedings XVI Conferencia, Maize and Sorghum, Eucarpia. Bérgamo, Italia, pp. 293-302.

4. ORIHUELA, M. 1965. Estudio sobre la posibilidad de sustituir un porcentaje de harina de trigo por harina de maíz. División de Comercialización. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.

Copyrighted material

5. PRADILLA, A.G.

6. PUGA, M. 1984. Bromatoninia del maíz en la Sierra ecuatoriana. IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Pasto, Colombia.

7. SEVILLA, R. y VALDEZ, A. 1985. Manual del cultivo, maíz morado. FOPEX. Lima, Perú.

Copyrighted material

EL MAIZ EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Hugo Sánchez*

El maíz, conforme se indicara, tiene gran repercusión en la alimentación humana en forma indirecta, por cuanto su utilización como alimento del ganado, se refleja en la producción de carne, leche, huevos, grasa, etc. En países donde la producción de este cereal es elevada, sobre todo por las grandes extensiones dedicadas al cultivo, el mayor volumen producido se utiliza en la alimentación animal y en la industria, siendo menor el consumo humano directo. En animales monogástricos como los cerdos y las aves, el almidón del maíz se transforma en azúcar que genera energía, para procesos vitales y para el desarrollo de músculos y grasas. La proteína del maíz se descompone en aminoácidos para la formación de la piel, tejidos y músculos.

En los animales poligástricos ocurre un proceso de fermentación en el rumen, que les permite a los rumiantes usar muchas fuentes nutricionales energéticas como pastos, ensilaje, heno, etc. Sin embargo, el maíz es un constituyente muy importante, por ejemplo en los Estados Unidos donde se produce aproximadamente 200 millones de toneladas/año, y de los cuales 125 millones se usan para la alimentación animal (63 para vacunos y otros poligástricos, 38 para cerdos y 24 para aves). El rol principal del maíz en la alimentación animal es energético. La energía del maíz se usa para el crecimiento y, además, en los poligástricos hace crecer las bacterias que se usan en la digestión de las proteínas.

En condiciones favorables de cultivo, el maíz sobrepasa a muchos otros forrajes en rendimiento medio de materia seca y en elementos nutritivos digestibles expresados no solamente por el rendimiento en grano, sino también porque el rastrojo de maíz vale mucho más por unidad de superficie para la alimentación del ganado que la paja de cereales de los granos pequeños.

El maíz, desde el punto de vista de su utilización, como alimento en ganadería, puede decirse que tiene una aplicación integral o total, esto es, que puede consumirse toda la planta, bien sea verde, seca, con o sin mazorca. El consumo de los subproductos y derivados de la industria es tal vez uno de los más interesantes renglones de su utilización en la alimentación animal. El uso y valor alimenticio del maíz puede considerarse desde dos aspectos:

1) Utilización de la planta.
2) Utilización del grano.

1) Utilización de la planta

Aparte del valor alimenticio del grano, la planta de maíz sobresale también como forraje, bien sea este seco, verde, fresco o en forma de ensilaje, según las denominaciones siguientes:

a) Forraje de maíz total o Chala: El término forraje de maíz total (corn fodder) se usa para plantas de maíz ya sean frescas o cosechadas que han sido cultivadas, principalmente, para forraje con todas sus mazorcas (choclos). La "Chala" se usa para ensilaje o consumo fresco.

b) **Maíz completo:** Es el término aplicado para el maíz cultivado para grano, pero que se da después al ganado sin quitarle las mazorcas.

c) **Rastrojo de maíz:** Es el término aplicado al maíz completo seco, del cual se han sacado las mazorcas.

En el Cuadro 1 se indican valores promedios de estos productos.

2) Utilización del grano

Como alimento del ganado, el maíz es uno de los mejores granos, siempre que se corrijan sus deficiencias. Es uno de los concentrados más ampliamente usados para vacunos lecheros, caballares y mulares de

** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Principal Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Costa Norte del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

Cuadro 1. Valor alimenticio comparativo del maíz.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Total Mat. seca %	Pro-teína %	Total E/N diget. %	Total elem. nutr. diget. %	COMPOSICI A MEDIA TOTAL (%) (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	CONST. DE MINERALES Y FERTILIZANTES (%) Ca	P	N	K	COEF. DE DIGESTION (%) (1)	(2)	(3)	(4)
FORRAJES VOLUMINOSOS SECOS																	
Alfalfa (heno buena calidad)	90.4	10.3	50.3	3.9	14.3	1.6	29.4	36.5	6.2	1.15	0.22	2.29	1.85	72.	34.	43	71
Arroz (cáscara)	92.0	0.1	9.9	98.0	3.0	0.8	40.7	28.4	19.1	0.04	0.08	0.48	0.31	4	47	4	23
Canote (hojas secas)	90.7	8.4	51.4	5.0	12.6	3.3	19.1	45.5	10.2	----	----	2.02	----	--	--	--	--
Cebada (paja)	90.0	0.9	44.5	48.4	3.7	1.4	37.7	41.0	6.0	0.32	0.09	0.59	1.24	25	39	54	53
Maíz (tallos secos)	62.6	1.0	39.9	38.9	4.7	1.5	28.0	43.3	5.3	----	----	0.75	0.75	--	--	--	--
Maíz (coronta molida)	90.4	0.4	44.2	114.5	2.3	0.4	32.0	54.1	1.4	----	0.02	0.37	0.37	19	35	26	51
Maíz (con alto % de agua; forraje total)	40.7	2.5	40.1	15.0	4.8	1.4	14.7	34.2	3.4	0.14	0.11	0.77	0.55	--	--	--	--
Maíz (bien seco, sin mazorcas)	90.4	2.2	52.2	22.7	5.9	1.6	30.8	46.5	5.6	0.44	0.09	0.94	1.47	37	42	44	59
ALIMENTOS VOLUMINOSOS VERDES																	
Alfalfa (antes floración)	19.9	3.2	11.5	2.6	4.3	0.7	4.4	6.2	2.3	----	----	0.49	----	--	--	--	--
Maíz (hoja parte superior)	15.9	1.2	10.4	7.7	1.9	0.4	4.4	7.6	1.2	----	----	0.30	----	--	--	--	--
Maíz (grano lechoso)	19.9	0.9	13.7	14.2	1.6	0.5	5.1	11.6	1.1	----	----	0.26	----	59	73	62	74
Maíz (grano ya maduro)	37.7	1.7	26.0	14.3	3.0	1.0	7.8	24.2	1.7	----	----	0.46	----	56	76	62	73
Maíz (caña verde, sin mazorcas)	22.7	0.5	13.0	25.0	1.3	6.4	6.0	13.6	1.4	----	0.05	0.21	0.26	--	--	--	--
ENSILAJE																	
Cebada	25.0	1.7	14.4	7.5	2.6	1.0	9.4	9.4	2.4	0.06	0.42	0.39	----	--	--	--	--
Maíz bien maduro buena mazorca	29.2	1.5	20.6	12.7	2.5	0.9	6.4	17.6	1.4	0.08	0.06	0.40	0.28	58	80	65	75

Fuente: Alimento y Alimentación - "Morrison"

(1) Proteína
(2) Grasa
(3) Celulosa
(4) Extracto no nitrogenado
(5) Mat. mineral

trabajo. Es probablemente el más apetitoso de todos los cereales para los animales domésticos, debido posiblemente a la riqueza de grasa o a que en la masticación los granos se quiebran con sabor a nuez.

La mazorca de maíz, el maíz desgranado, el maíz molido y la harina de maíz y coronta, se emplean en la alimentación del ganado y poseen las siguientes características:

Harina de maíz y coronta: Es el término corriente para designar la mazorca del maíz molido, pero sin sus hojas o envolturas. Cuando se muele la mazorca con sus envolturas, el producto se llama "harina de mazorca completa".

Las corontas de maíz tienen aproximadamente 32% de celulosa y no suministran sino un poco más de elementos nutritivos que la paja de avena, estimándose que si algún beneficio hay en incluir las corontas en la molienda, no se debe principalmente a los elementos nutritivos que proporciona, sino al hecho de que aumentan el volumen de harina. Esto ayuda a que quede más suelta en el estómago, ayudando con cruces a la digestión.

Maíz molido: Este término se emplea comúnmente para el grano completo molido de maíz, del cual no se han eliminado las cáscaras ni los gérmenes. Se le llama también alimento de maíz chancado ó harina de maíz. Cuando se le tamiza, tratándose especialmente de alimentos para aves, los productos resultantes se denominan maíz molido tamizado o maíz chancado tamizado a la porción gruesa que queda y alimento de harina a la porción fina.

Alimento de sémola o harina de sémola, sémola chancada: Es el subproducto obtenido en la fabricación de harina de maíz para cosumo humano, por el proceso de desgerminación y también en la fabricación de sémola fina y granos. Todos estos términos se aplican a la mezcla de afrecho de maíz, germen de maíz (con extracción de la parte del aceite o sin ella) y una parte de la porción amilácea de los granos de maíz.

Afrecho de maíz: Este subproducto está constituido por la envoltura externa de los granos, incluyendo el pericarpio y la cofia o raquilla, con poco o nada de la parte amilácea del germen.

Harina oleaginosa de maíz: En el proceso de molienda húmeda los gérmenes, después de ser desecados, se cuecen, se trituran y se hacen pasar a través de expulsadores de aceite. La harina oleaginosa de maíz que queda, se vende como tal o se emplea en el alimento de gluten de maíz.

Alimento de gluten de maíz: Es harina de gluten y afrecho y puede contener también torta oleaginosa.

Copyrighted material

Corn gluten feed ( ).- Formado por pericarpio, fibras, agua de remojo, parte del gérmen y toda la fracción protéica. Contiene 21% de proteína cruda, 10% de fibra cruda, 1% de fósforo y 1.5% de potasio.

Corn gluten feed ( ).- Contiene la zeína soluble junto con pequeñas cantidades de almidón y fibra. Es alimento para pollos porque es rica en xantofila, el pigmento carotenoide que le da a la zeína del huevo su color amarillo intenso.

Corn germ meal ( ).- Es lo que queda del germen después que el aceite ha sido extraído; se seca y comercializa como fuente protéica para cerdos y aves.

Corn steapwater ( ).- Es el agua de remojo, contiene las proteínas solubles en agua, carbohidratos, mineales y vitaminas solubles en agua.

En el Cuadro 2 se dan valores promedios de estos subproductos.

Cuadro 2. Composición y elementos nutritivos digestibles del maíz y otros productos usados en concentrados.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Total Mat. seca %	Pro-teína %	Total elem. digest. %	R/N	COMPOSICION MEDIA TOTAL (%) (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	CONST. DE MINERALES Y FERTILIZANTES (%) Ca	P	N	K	COEF. DE DIGESTION (%) (1)	(2)	(3)	(4)
CONCENTRADOS:																	
Arroz (afrecho)	91.1	8.8	67.7	6.7	12.8	13.4	13.9	41.1	10.8	0.08	1.36	2.05	1.08	69	83	26	74
Cebada común	90.4	9.3	78.7	7.5	11.8	2.0	5.7	68.0	2.9	0.05	0.38	1.89	0.52	79	80	56	92
Maíz duro	88.5	7.4	84.1	10.4	9.8	4.3	1.9	71.0	1.5	----	0.30	1.57	0.32	--	--	--	--
Maíz amarillo, incluyendo granos o coronta	88.5	6.8	75.2	11.2	8.2	3.3	8.2	47.4	1.4	----	0.23	1.31	0.34	--	--	--	--
Maíz (afrecho)	90.1	5.7	76.4	12.1	9.8	4.4	9.8	61.8	2.3	0.03	0.27	1.57	0.56	68	--	--	--
Maíz harina (flor)	87.8	7.9	88.7	10.2	8.4	4.0	0.7	73.3	1.2	----	----	1.38	----	--	--	--	--
Maíz harina desgerminada	89.8	6.7	86.3	11.4	8.8	1.1	76.5	0.9	0.01	0.32	1.41	0.31	----	--	--	--	--
Maíz harina de gérmen	93.8	14.5	79.5	4.5	19.8	7.8	8.9	53.2	3.3	----	----	3.17	----	--	--	--	--
Maíz alimento de glúten con más de 27% de proteína	90.4	24.1	77.4	2.2	28.0	2.5	4.8	47.4	5.9	----	----	4.48	----	--	--	--	--
Maíz alimento de glúten promedio	90.5	22.7	77.4	2.4	24.4	2.5	7.4	49.0	7.9	----	----	3.49	----	--	--	--	--
Maíz harina de glúten	91.5	34.5	81.8	1.2	42.9	2.3	2.5	42.0	1.8	0.03	0.38	6.86	0.02	85	93	58	14
Maíz harina oleaginosa	91.8	16.7	78.7	3.7	22.9	7.5	10.8	49.1	2.3	0.05	0.57	3.66	----	73	96	75	78
Trigo afrecho	90.4	13.1	70.2	4.4	15.8	5.0	9.5	54.3	4.0	0.12	1.32	2.53	1.24	83	81	53	79
Trigo harina blanca	87.5	10.4	86.4	7.2	11.5	1.4	0.4	73.4	0.6	0.03	0.13	1.84	0.12	--	--	--	--

Fuente: Alimento y Alimentación - "Morrison"

(1) Proteína
(2) Grasa
(3) Celulosa
(4) Extracto no nitrogenado
(5) Mat. mineral

Copyrighted material

MAICES DE ALTA CALIDAD PROTEICA

*Antonio Manrique**

INTRODUCCION

La base alimentaria del poblador andino está en el maíz amiláceo (*zea mayz* L. *amilaceae st*). Lo consume directo en grano seco, mote, tostado, o en su estado fresco, como choclo, tanto en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, pero también es utilizado el maíz duro (*Zea mays* L. *indurata st*) y dentado (*Zea mays* L. *identata st*) para el procesamiento de las arepas en Colombia y Venezuela.

EL OPACO-2 Y EL POBLADOR ANDINO

Es bien conocido que la calidad nutricional del maíz es básicamente energética, debido al alto porcenteje de carbohidratos contenidos en el endospermo. La proteína del grano de maíz es la zeína que tiene bajos niveles de lisina y triptofano, aminoácidos esenciales que determinan la calidad de un alimento.

El descubrimiento del alto contenido de lisina y triptofano, en maíces con el gene opaco-2 en 1963, trajo consigo una revaloración de la calidad nutricional del maíz, de netamente energético a un alimento de alta calidad protéica, no por el incremento de la proteína del grano, sino por el cambio de los aminoácidos de la proteína; zeína, la lisina de 2.5% del normal a aproximadamente 4.2%; y del triptofano, de 0,50% a 0,86%, convirtiéndolo en un alimento con calidad similar a la carne, leche y huevos.

El gene opaco-2 condiciona un endospermo blanco harinoso-suave, que permite su consumo directo o procesado. Ahora bien, si consideramos que alrededor del 27% del poblador andino corresponde al poblador rural, quien es un consumidor cotidiano de maíz, y si incluimos al poblador de las zonas marginales de las grandes ciudades, generalmente, de extracción rural, este porcentaje se incrementa y el maíz con el gene opaco-2 podría constituirse en una excelente alternativa alimentaria, al disponer de un alimento de muy buena calidad y bajo costo.

Sin embargo, este beneficio en calidad del grano, trajo desaliento en la producción comercial del maíz con el gene opaco-2, de endospermo amiláceo-suave, sobre todo entre los productores de maíces con endospermo cristalino-duro, al ver reducido sus rendimientos entre el 10 y 20%, y baja calidad del grano por la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades. Esta situación fue superada por la presencia de genes que modifican el endospermo amiláceo del maíz opaco-2 a endospermo duro. Tomando en consideración el efecto de estos genes, los investigadores del CIMMYT generaron poblaciones con endospermo duro y alto contenido en lisina, las que fueron difundidas a nivel mundial mediante ensayos de evaluación de variedades, con la denominación QPM (quality protein maize), obteniéndose rendimientos similares a los normales duros, así como similares en la sanidad del grano. Actualmente, varios países de latinoamérica vienen promocionando el uso de los maíces denominados QPM, para su uso en mezclas con harina de trigo para la industria de panificación y galletería.

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES CON EL GENE OPACO-2 EN PAÍSES DE LA ZONA ANDINA

Apenas conocidas las bondades del maíz con el gene opaco-2 por Mertz - Nelson y Bates en 1963, el personal de CIMMYT logró incorporar el gene opaco-2 a poblaciones tropicales y subtropicales y difundirlo a los países andinos.

Goertz et. al., en 1978 publicó los resultados del análisis químico para calidad de proteína en colecciones de variedades nativas amiláceas y duras, cultivadas por los agricultores andinos de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, y cultivares mejorados por los Programas de Mejoramiento de estos países y de México. Los resultados de los análisis químicos para calidad de proteína fueron generalmente inferiores en todos estos materiales colectados, comparados con los valores de las poblaciones que contenían el gene opaco-2.

** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Principal del Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto de Mejoramiento de Maíz Tropical del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

COLOMBIA

El Programa Colombiano de Maíz, en cooperación con el CIMMYT, incorporó el gene opaco-2 a variedades locales de Colombia y obtuvo el H-208 y H-255 en 1966 y 1975, respectivamente. Pradilla informó resultados del contenido de proteína y lisina y triptofano en endospermo duro y harinoso modificado con el gene opaco-2 en estas variedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de maíces opaco-2 duro modificado comparado con el opaco-2 harinoso. 1975.

	Proteína %	Lisina g/100 gr	Triptofano g/100 gr
H-255			
Duro	10.9	5.2	0.8
Harinoso	10.7	5.4	0.9
H-208			
Duro	10.2	4.9	1.0
Harinoso	9.4	4.6	1.1

Fuente: Pradilla.

De igual manera, Pradilla informó en 1975 los resultados de las pruebas biológicas del maíz opaco-2: H-208 y H-255 comparados con el normal H-207 y llevados a cabo con cuatro niños mal nutridos, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de las pruebas biológicas del maíz opaco-2 comparadas con el maíz normal en 4 niños. 1975.

	OPACO-2		NORMAL		
	H-208	H-255	H-207 Am duro	H-253 Amiláceo	Caseína
Ingesta protéica					
NEN	0.077				
N protéico	0.227	0.160	0.225	0.200	0.150
Digestabilidad	95.0	95.0	76.9	66.0	98.0
Valor biológico	76.5	80.0	20.9	17.0	85.0
Utilización neta de proteína	61.6	86.0	16.1	11.3	83.0
Retención	0.140	0.120	0.030	0.023	0.130

Fuente: Pradilla.

Con la información biológica del maíz opaco-2, publicada por Pradilla en 1975, la empresa privada Maizena Duryea inició la producción industrial de harina de maíz opaco-2 siguiendo la vía húmeda. Este proceso culminó con la elaboración de una mezcla balanceada de harina de maíz opaco-2 y otros elementos nutritivos para la preparación de teteros (mamaderas) para alimentar niños recién nacidos de madres de bajos recursos.

PERU

La incorporación del gene opaco-2 se inició en 1964 gracias a una pequeña muestra de semilla de maíz con el gene opaco-2 remitida directamente de la Universidad de Purdue al Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (PCIM-UNALM). Siguiendo el método de retrocruzas, se incorporó el gene opaco-2 con las líneas progenitoras de los híbridos amarillos duros. Así, en 1970 se liberaron 2 sintéticos PMS-267 (blanco amiláceo) y PMS-266 (amarillo amiláceo), así como la conversión de los híbridos amarillos duros PM-204, PM-207, PM-208, PM-209 y los sintéticos PMS-263 y PMS-264.

Copyrighted material

En la evaluación de 650 familias segregantes se determinaron proporciones 3:1 mayoritariamente y en menores porcentajes las proporciones 15:1 y 13:3, lo cual evidenciaba la presencia de interacción de genes que modifican el endospermo amiláceo a duro, en diferentes grados. La evaluación comparativa de los cultivadores normales y sus conversiones a opaco-2, confirmaron una reducción del rendimiento hasta en 14% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Reducción del rendimiento en grano en promedio de tres localidades. Cultivares normales opaco-2. 1973.

Material	Rendimiento kg/ha	Reducción
PM-204		
Normal	3089	
Opaco-2	2642	14
PM-207		
Normal	2819	
Opaco-2	2685	5
PMS-263 x PMS-264		
Normal	2906	
Opaco-2	2511	14

Fuente: A. Manrique.

En 1969, el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la Universidad Agraria La Molina de Perú, remitió a los laboratorios del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) muestras de 680 colecciones de maíz con endospermo blanco amiláceo, conservados en el banco de germoplasma para su análisis de calidad de proteína en base al contenido de triptofano. Los resultados de estos análisis mostraron valores entre 0,37 y 0,63%, valores que son significativamente inferiores a los que presentan las variedades con el gene opaco-2, cuyos valores van de 0,7 a 1,3%. Por otro lado, en el ensayo comparativo de los maíces duros convertidos en amiláceos con el gene opaco-2, los rendimientos superaron a las variedades locales amiláceas. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento en grano (kg/ha) al 14% de humedad en promedio de tres localidades (Costa, Sierra y Selva). 1975.

Cultivares	Rendimiento kg/ha
a. Maíces amiláceos con el gene Opaco-2:	
PM-207	5039
PM-208	4820
PM-267	4526
PM-266	4295
PM-204	4729
PM-209	4650
PMS-263 x PMS-264	5051
PMS-264	3855
SM-ICA-228	3852
SM-ICA-207	3272
PMS-263	3023
Opaco Mexicano	2121
b. Amiláceos locales:	
Pardo	2127
PMC-561	2216

Fuente: A. Manrique.

Copyrighted material

El valor nutricional de la proteína del grano no se pierde cuando se cocina o se prepara en las formas tradicionales: mote y cancha. Se ha realizado la evaluación biológica de la calidad protéica del maíz con el gene opaco-2 PMS-267 en sus dos versiones: endospermo amiláceo y modificado en tres estados: crudo, tostado (cancha) y hervido (mote) por medio de la relación de eficiencia protéica (PER), valor biológico (VB) y utilización neta de proteína (NPU). Para esto, se separaron dietas para eliminar 5 grupos de 5 ratas machos recién destetados, comparadas con las alimentadas con maíz normal y caseína. Los resultados ratificaron los grandes incrementos de crecimiento de las ratas alimentadas con las dietas de maíz con opaco-2 comparadas con las alimentadas con el maíz normal (Cuadro 5); así mismo se probó que el proceso de cocción no altera la calidad protéica del maíz opaco-2 (Cuadro 6).

Cuadro 5. Ganancia de peso en gramos PER, VB y NPU. Promedio cinco ratas (g/28 días). 1974.

	Ganancia peso	PER	VB	NPU
Maíz Opaco-2				
Crudo	36.2	2.63	75.5	66.2
Tostado	36.7	2.61	81.4	67.0
Mote	25.3	2.59	79.0	63.7
Maíz normal				
Crudo	11.6	1.24	66.7	57.8
Tostado	9.5	0.87	70.6	59.6
Mote	10.8	0.98	69.9	58.5

Fuente: Aguilar-Manrique-Rojas.

Cuadro 6. Concentración de aminoácidos en muestras de harina de maíz opaco-2. (g/100 g proteína).

	Normal*	OPACO-2		
	Bates	Crudo	Mote	Tostado
Lisina	1.70	4.18	4.71	3.88
Histidina	2.80	3.03	3.27	3.12
Arginina	3.10	6.05	6.51	5.68
Ac. Aspártico	7.40	9.90	10.00	8.15
Treonina	3.30	3.71	3.96	3.04
Serina	5.10	5.71	4.75	4.48
Ac. Glutámico	23.70	15.28	16.30	15 80
Prolina	10.00	7.07	8.05	8.08
Glicina	2.60	4.49	4.63	4.50
Alanina	8.90	6.24	6.60	5.77
Cistina	1.00	1.39	1.57	0.54
Valina	5.00	3.92	5.22	4.56
Metionina	1.60	1.31	1.66	1.41
Isoleucina	4.30	2.46	3.08	2.83
Leucina	16.70	7.92	8.76	7.84
Tirosina	5.00	2.96	2.99	2.57
Fenilalanina	5.70	3.65	3.81	3.76
Triptofano	0.40	0.84	0.76	0.79
Proteína % de materia seca		9.75	9.75	10.06
Humedad % de materia seca		11.00	9.50	9.00

** Cristalino amarillo. Fuente: A. Manrique.*

Copyrighted material

El Instituto Nacional de Nutrición Infantil realizó pruebas con dietas elaboradas con maíz opaco-2 para alimentar niños recién nacidos con deficiencias nutricionales, dando valores nutricionales similares a la mejor dieta comercial preparada para infantes a base de leche. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Respuesta promedio de 10 niños alimentados con maíz paco-2 y los niños alimentados con leche de vaca, durante 90 días.

	Dieta ingesta calórica k cal/kg/día	Cantidad calorías ingeridas para ganar 1 kilo en peso	Edad en meses correspondiente a los valores iniciales		Ganancia en peso g/kg/día	Ganancia en talla cm/meses	Ganancia total expresada en meses	
			Peso	Talla			Peso	Talla
Harina maíz opaco-2	94	37	7.8	11.0	2.6	1.23	3.1	7.5
Leche	97	37	7.1	9.6	2.6	1.33	3.3	5.4

Fuente: Barandiarán et al.

Actualmente, el PCIM-UNALM viene produciendo y difundiendo cultivares con alta calidad protéica (opaco-2) para la región de la Costa y Selva, el Sintético PMS-267 con endospermo blanco amiláceo; para la Sierra, el Compuesto Mejorado PMC-580 (Opaco Huascarán) con endospermo blanco duro y para la Selva y Costa, Variedad Mejorada PMV-865 (Blanco Molinero 2000) con endospermo blanco semiduro.

De igual manera, se viene incorporando el gene opaco-2 a los diferentes compuestos raciales de los maíces amiláceos de la Sierra peruana.

En estos últimos años, el Programa Nacional de Maíz del INIA viene probando variedades QPM provenientes del CIMMYT, en la Estación Experimental El Porvenir, Tarapoto, con muy buenos resultados para liberar una variedad QPM de grano blanco duro.

BOLIVIA

El Programa de Maíz del Centro de Investigaciones Fitotécnicas de Pairumani, en colaboración con la Universidad Gabriel René Moreno, tienen a su cargo el Proyecto de Mejoramiento de Maíces de alta calidad nutricional.

Este proyecto produjo una variedad con el gene opaco-2, con granos grandes amiláceos y precoz, deniminada "Aycha Sara-5", la cual fue formada en base a la evaluación de 250 familias, seleccionando las familias más sobresalientes, con las cuales se formó la variedad mejorada "Aycha Sara-5", con las siguientes características, según el Cuadro 8.

Cuadro 8. Características de la variedad opaco-2 "Aycha Sara-5".

Material	Triptofano	VB	NPU	PER
Maíz local	0.40	0.34	0.56	1.43
Aycha Sara-5	1.00	1.24	0.95	2.76
Leche en polvo	—	1.25	0.97	2.77

Copyrighted material

Esta variedad viene siendo distribuida por la Estación de Pairumani para su uso como mote, tostado y choclo.

De igual manera, en la región de Chuquisaca se evaluaron variedades QPM y se liberaron las variedades Tuxpeño opaco-2 y Chuquisaca 7741, para su utilización en la alimentación de cerdos.

ECUADOR

El Programa de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) inició sus trabajos de incorporación del gene opaco-2 en variedades locales, tanto en la Estación Experimental de Quito, como en la Estación Experimental de Pichilingue, con el apoyo del personal profesional del CIMMYT. Así, en 1988 liberó para los agricultores de la provincia de Manabí la variedad de maíz precoz, con granos blancos para choclo, denominada INIAP-528, con una calidad protéica superior a las variedades chocleras locales, con un contenido de 9 a 10% de proteína, con 0,97 de triptofano y 3,9% de lisina.

VENEZUELA

Los primeros trabajos se iniciaron en base a una muestra de opaco-2, remitida por el Dr. Nelson de la Universidad de Parudue en 1965. El gene opaco-2 fue incorporado a la variedad Venezuela-1, así como a las líneas del híbrido Arichuna, siguiendo la metodología de retrocruzamiento. Con las líneas de la Var. Venezuela-1 se formó el compuesto Opaco-2 No. 1 y No. 2. De las líneas del compuesto Venezuela Opaco-2 No. 1 se seleccionaron los granos con endospermo duro, ricos en lisina y triptofano. En el Cuadro 9 se muestra la superioridad en calidad protéica del maíz opaco-2 harinoso y del opaco-2 semicristalino en grano entero, pilado y en arepas en comparación con el cristalino Normal.

Cuadro 9. Contenido de proteína total y lisina en el compuesto opaco-2 No. 1 original y en el corriente, en grano entero, pilado y arepas.

	COMPUESTO OPACO-2 No.1 GRANO			MAIZ CORRIENTE GRANO		
	Entero	Pilado	Arepa	Entero	Pilado	Arepa
Proteína % (N x 625)	10.1	8.2	7.7	8.9	8.3	8.8
Lisina (g/16 g.N)	4.6	3.4	3.4	2.7	1.9	1.7

Fuente: J.F. Chávez. Instituto Nacional de Nutrición, 1971.

Actualmente, el Programa de Maíz viene probando variedades de maíz con alta calidad protéica, proporcionadas por el CIMMYT, obteniendo buenos resultados con la liberación de la variedad QPM, Across 7740, para su procesamiento en harina para la elaboración de las arepas.

Bibliografía

1. AGUILAR, T., MANRIQUE, A. y ROJAS, V. 1974. Valor biológico del maíz opaco-2 en cancha y mote. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. pp. 379-394.

2. AVILA, G.L. 199... Evaluación de los resultados del PROCIANDINO en Bolivia, Subprograma Maíz.

3. BARANDIARAN, M., SCHEUCH, F. y CANCINO, M. 1989. Maíces de alta calidad para Selva. Revista del INIAA, Año I, No. 2.

Copyrighted material

4. DESCHAMPS, J. 1983. Reseña sobre el aprovechamiento del maíz para consumo humano. Mesa Redonda sobre Transferencia de Tecnología Maicera para Consumo Humano. Bogotá, Colombia.

5. COERTZ, P.G. et. al. 1978. Nutritional Quality of Andean Maize Collections and Comparisons of some Chemical Screening Methods. Maydica XXIII: 221-232.

6. MANRIQUE, A. 1975. Mejoramiento de la calidad del grano de maíz. Jornada Agronómica. CRIA - Cajamarca.

7. MANRIQUE, A. 1989. El maíz en el Perú. Banco Agrario del Perú.

8. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1988. Quality Protein Maize. Report of an Ad-Hoc Panel.

9. OBREGON, P. 1971. Mejoramiento de calidad de proteína. IV Conferencia de Maiceros de la Zona Andina. Colombia.

10. PROYECTO DE FOMENTO Y PROMOCION DEL MAIZ OPACO. 1970. I Seminario Nacional de Maíz Opaco. Bogotá, Colombia.

Copyrighted material

CALIDAD COMERCIAL DEL MAIZ

Luis Beingolea y Ricardo Sevilla***

INTRODUCCION

La Región Andina debe prepararse para producir y comercializar un grano de buena calidad comercial. Se entiende por grano de buena calidad comercial aquel que no ha sufrido daños físicos o transformaciones causadas por agentes químicos, físicos o microbiológicos y que puede conservarse y transportarse normalmente.

Por una serie de razones de tipo tecnológico y ambiental, el maíz producido en la región resulta en general más caro que el producido en las grandes regiones productoras, principalmente, los Estados Unidos de Norteamérica. Los productores de los países importadores de maíz de la región deberían adoptar técnicas que les permitan mejorar sus estándares de calidad comercial, para competir con el maíz importado. Es probable que la región llegue a ser un gran exportador de maíz, pero, si mejora la productividad de algunos países como Ecuador y Colombia, y si se siguen expandiendo las áreas en Bolivia, se producirán excedentes que, si se presentan con buena calidad comercial, pueden competir con ventaja en el mercado internacional.

Los agricultores de autoconsumo no precisan ser muy cuidadosos con el mejoramiento del grano, pero a medida que aumenten su productividad y tengan excedentes, será necesario que mejore la calidad comercial del grano. En la Región Andina, menos del 5% de la producción se procesa en plantas de derivados industriales. La tendencia puede crecer, a la medida que el industrial pueda tener la seguridad de contar con un insumo barato y de buena calidad.

El crecimiento del consumo de maíz en la alimentación animal, principalmente avícola, ha sido muy importante en las últimas décadas. Los fabricantes de alimentos balanceados y los granjeros son cada vez más exigentes en la calidad del grano. El desarrollo de la industria avícola demandará maíz de buena calidad a precios razonables. Mejorar los estándares de calidad comercial no cuesta mucho y los beneficios son considerables.

CAUSAS DEL DETERIORO DEL GRANO

Daño físico

Las causas pueden ser mecánicas o térmicas. Las mecánicas pueden ser ocasionadas por impactos, fricciones o cortes, los que suelen ocurrir en la cosecha mecanizada y/o durante las operaciones de transporte necesarias en el manipuleo del grano, ocasionando granos con roturas, lastimaduras o lesiones internas.

Las causas térmicas del daño físico están muy relacionadas con el proceso de secamiento. En el secado a altas temperaturas, la rápida pérdida de humedad asociada a un rápido enfriamiento ocasionan fisuras internas en el grano que lo hacen más susceptible al rompimiento. Durante la molienda seca, estos granos se fraccionan excesivamente, reduciendo el rendimiento de partículas grandes que producen los gritz de mejor calidad.

El grano se daña por un mal manejo, transporte o secado. El daño más importante es el rompimiento del grano, ocurrido durante la cosecha del maíz o durante el flujo hacia los silos, secadores, transportes o almacenes. Las fisuras internas del grano "stress crak" se originan en el centro del grano y se desarrollan radialmente hacia afuera, sin afectar el pericarpio. Se producen cuando se acelera la velocidad de extracción de humedad durante el secado a altas temperaturas. Debido al excesivo calentamiento y la pérdida rápida de temperatura para ser enfriado, el grano se cuartea y se presenta fisuras.

Un mal secado aumenta la susceptibilidad al rompimiento. Cuando el maíz ha sido demasiado deshidratado, el endospermo se agrieta y, durante la molienda seca, hay un fraccionamiento excesivo.

** Ing. Agrónomo, Profesor Principal Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Jefe del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Coordinador del Proyecto de Semilleros, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*
*** Ing. Agrónomo M.S., Profesor Visitante, Dpto. Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía. Coordinador del Proyecto Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.*

Copyrighted material

Daño químico

El más importante deterioro por causas químicas se produce durante el secado. Si se secan granos muy húmedos, inmaduros, se producen algunas alteraciones organolépticas; el pericarpio se oscurece debido a las proteínas y azúcares reductores se oxidan fácilmente con el calentamiento, formando un compuesto soluble de color caramelo. La convinación de azúcares con aminoácidos es de muy difícil digestión, de modo que los granos quemados por secamiento pierden parte de su valor protéico. Algunos aminoácidos esenciales como la lisina, son los primeros en deteriorarse.

Si el maíz es calentado a una temperatura superior a 60 grados C., pierde calidad para la molienda porque el rendimiento del almidón se reduce debido a que con las altas temperaturas la matriz protéica donde se encierran los granos de almidón, se desnaturaliza, se hace insoluble en agua y disminuye, como consecuencia, el rendimiento de almidón. El almidón obtenido de granos recalentados tiene una menor pureza porque contiene mayores residuos de proteína. Lo normal es que la cantidad de proteína en el almidón sea de 0,4%, cantidad que puede hasta duplicarse con un mal secado.

Daño microbiológico

Cuando el maíz es almacenado con contenidos de humedad inadecuados, el grano mantiene una alta tasa metabólica dando lugar a una activa respiración natural, generando calor y agua, lo que favorece el desarrollo de hongos, los que a su vez generan más calor y humedad, acelerando el deterioro del grano. Los hongos se desarrollan principalmente en el germen, ocasionando ennegrecimiento y sabores desagradables. Producen enzimas que hidrolizan el aceite del germen, generando ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos son eliminados al refinar el aceite, pero baja la capacidad de extracción.

La elevación de temperatura producto del metabolismo de granos y hongos, produce también colores obscuros en el grano; el cambio de color se inicia en el germen. Cuando el aspergilus invade el embrión se produce un color café oscuro.

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por hongos que tienen efectos tóxicos en el hombre y en los animales. Las enfermedades que causan pueden ser cáncer, hemorragias, tumores, aborto, o defectos de nacimiento.

Entre estos, son particularmente perjudiciales las aflatoxinas, que son producidas por *Aspergillus flavus* o *A. parasiticus*, que son encontrados en suelo y aire. En ambientes favorables desarrollan en cualquier materia orgánica. Generalmente desarrollan mejor en 85% de humedad o más de 17% de contenido de humedad en el grano, y la temperatura óptima está alrededor de los 27 grados C., no se desarrolla debajo de 12 grados C.

CUIDADOS EN LA COSECHA

Casi todos los problemas de calidad del maíz empiezan en la cosecha. Si el maíz permanece en el campo después de la madurez fisiológica, puede ser infestado de insectos y de hongos. La madurez fisiológica, que es el momento en que se tiene la máxima acumulación de materia seca en el grano, se alcanza con contenidos de humedad demasiado altos para poder hacer una cosecha sin problemas, por lo que el maíz suele permanecer en el campo un tiempo más, con los riesgos de pérdidas y daños por insectos, predadores y enfermedades.

Si el maíz se cosecha con contenidos de humedad superiores al 20%, es susceptible a daños mecánicos por magulladuras. Si se cosecha entre el 18% y el 14% de humedad, tiene la mayor resistancia al daño mecánico, y si se cosecha con 13% o menos de humedad es muy susceptible al daño mecánico por rotura o fisura, lo que se debe tener en consideración para minimizar los daños en la cosecha.

Si se cosecha antes de la madurez fisiológica, los granos inmaduros tienen mayor cantidad de azúcar, ocasionándose más daños por el calor durante el secado.

Cuando el maíz se cosecha con más de 20% de humedad en el grano, el secado debe iniciarse al día siguiente de la cosecha. Si no hay suficiente capacidad de secado, no debe cosecharse por más de 19% de humedad.

Cuando más seco se cosecha el maíz, más se facilita el almacenamiento y transporte, y se reduce considerablemente el costo y tiempo de secado.

Copyrighted material

SECADO DEL GRANO

El maíz puede secarse en forma natural o artificialmente usando una fuente de calor. En los lugares de la Región Andina donde no llueve, como la Costa peruana, o donde deja de llover al momento de la cosecha, el secado al medioambiente hasta que el grano llegue a tener el contenido de humedad comercial, es una práctica corriente.

Si la cosecha es temprana y el clima húmedo, es necesario secar artificialmente. Cuando el grano se cosecha muy húmedo, va perdiendo progresivamente humedad hasta llegar a un equilibrio con la humedad del ambiente. El grano es higroscópico, puede ceder o tomar humedad del ambiente, siendo esto regulado por las presiones de vapor del agua del grano y del ambiente; cuando se igualan, se alcanza el equilibrio.

Si se almacena en un medio muy húmedo, el grano puede aumentar su contenido de humedad, aunque haya estado seco. Por ejemplo, si cuando se cosecha el maíz la humedad relativa es de 75%, la humedad del grano alcanza su equilibrio a 15%. O sea, basta que el ambiente de almacenamiento tenga una humedad relativa de 75%, para que el grano seco a 14 o 15% de humedad, se mantenga con esa humedad. Si la humedad del ambiente es de 90%, como ocurre en algunos lugares de zonas bajas tropicales de la Región Andina, la humedad en equilibrio es de 19%, lo cual es inconveniente para la conservación del grano, porque este va a aumentar su metabolismo, generando calor y agua. Con esas condiciones, se hace necesario tener almacenes bien ventilados que remuevan el calor y el agua producida en la respiración.

El grano de maíz húmedo en proceso de secamiento se encuentra con un alto riesgo de ser deteriorado por el desarrollo de hongos. La velocidad de crecimiento de los hongos está muy relacionada con la temperatura; se detiene a 4 grados C. y es máxima entre 28 y 32 grados C.; por esta razón, la elevación de temperatura en el proceso de secado debe coordinarse con el tiempo de secado necesario para alcanzar un 15% de humedad en el grano, humedad en la cual los hongos ya no crecen.

El secado artificial del grano es un proceso muy delicado porque si está mal hecho, produce daños de significación y predispone al grano a sufrir más daños durante el transporte y almacenamiento.

Si la humedad relativa del ambiente es 60%, la humedad del grano está en equilibrio al 13%, que es la humedad máxima recomendada cuando se almacena el grano por un tiempo largo. La humedad de equilibrio varía con la temperatura, a mayor temperatura menor humedad de equilibrio en el grano para la misma humedad relativa con el aire.

El secamiento de los maíces harinosos de granos grandes, de las razas de maíz de la región alto andina. es un proceso más complicado que el de los de granos más pequeños. Esto se debe a la mayor dificultad que presenta el agua para ser extraída de un grano de mayor volumen, lo cual se agrava con el hecho que, por lo general, los maíces de grano grande de la región alto andina se cosechan con contenidos de humedad más altos.

Las altas temperaturas de secado no afectan al grano de maíz si se usa para alimentación animal. Para uso industrial, el secado no debe pasar de 60 grados C., porque las altas temperaturas modifican la estructuración del almidón, lo que ocasiona una reducción en la producción de alcohol y aceite. El secamiento a altas velocidades y elevada temperatura produce una modificación en los almidones. El maíz sometido a una temperatura mayor de 70 grados C., que es la temperatura de gelatinización causa muchas dificultades en la molienda húmeda, durante el proceso de la separación y purificación del almidón. Como una regla práctica, se puede considerar que un aumento de temperatura de 5 grados C. sobre 60 grados C., produce un decrecimiento de 1% en el rendimiento del almidón.

El maíz secado a 60 grados C. es por lo menos dos veces más susceptible a roturas que el maíz secado en campo, y el número y tipo de fisuras aumentan con la velocidad de secado y la temperatura.

El maíz secado a altas temperaturas tiene una humedad de equilibrio inferior en un punto porcentual al maíz secado a 30 grados C., o en el campo. O sea cuando se seca artificialmente el porcentaje de humedad del grano debe ser 1% menor que el secado en campo.

Copyrighted material

El secado y el enfriamiento rápido produce muchas fisuras. La velocidad de extracción de humedad no debe ser superior a 5 puntos de humedad por hora. En el maíz para consumo humano, la velocidad de extracción no debe ser mayor de 3 puntos por hora y la temperatura no debe ser mayor a 56 grados C.

En la molienda seca las fisuras dificultan la separación del germen, perdiéndose la calidad del almidón y la capacidad de extracción de aceite. Cuando la molienda es seca, la temperatura no debe ser mayor de 53 grados C. y la velocidad no debe ser mayor de 3 puntos por hora.

El adecuado manejo de la técnica de secado (aereación) contribuye a disminuir las fisuras en el secado rápido. Como la mayor parte de fisuras se presentan al extraer los últimos puntos de humedad, el enfriamiento rápido produce un aumento de las fisuras y la fragilidad del grano.

Para evitar los daños producidos por un secado rápido es necesario dejar reposar el grano caliente de 4 a 8 horas, para generar un equilibrio de humedad dentro de los granos, para luego ventilarlo a un volumen de aire de 0,6 m3 por minuto/m3 durante 12 horas, para inducir un enfriamiento lento.

La ventilación durante el almacenamiento permite también disminuir los daños producidos por hongos. El óptimo es mantener el maíz a 14% de humedad; si hay mucho calor, el grano debe voltearse para aerearlo. Si, por ejemplo, la temperatura dentro del silo es 30 grados C. y el exterior es de 20%, el grano de aerearse.

Una mayor temperatura de humedad, tanto en el grano como en el exterior, provoca un mayor daño de insectos de almacén.

CALIDAD DE COMERCIALIZACION

La calidad de comercialización se entiende como los requisitos que debe cumplir el maíz para su comercialización como grano seco, estableciéndose en términos de porcentaje máximo permitido los contenidos de materias extrañas, granos con defectos y mezclas. En el Cuadro 1 se presentan los grados y tolerancias para clasificar el maíz amarillo duro en el Perú.

Cuadro 1. Grados y tolerancias para clasificar al maíz amarillo duro en el Perú.
(% máximo de peso de los componentes).

Grado	Materias extrañas	Granos con defecto			Mezclas	
	Total	Rotos	Enfermos	Picados	Otros granos	Granos contrast.
1	1.5	2.0	2.0	2.0	0.5	1.0
2	2.0	4.0	4.0	4.0	2.0	5.0
3	3.0	8.0	6.0	8.0	2.0	10.0

Fuente: El maíz en el Perú.

El grado es el valor que se le asigna a un conjunto de granos, muestreados según las normas técnicas de comercialización, y que se obtiene evaluando cada uno de los siguientes componentes que determinan la calidad del grano.

Grano contrastante: Es el grano cuya clase (denominación comercial de un producto agrícola que puede pertenecer a una forma varietal o a un conjunto de ellas) es diferente a la que se analiza.

Otros granos: Son todos aquellos granos comestibles, excepto los de la especie Zea mays L. variedad indurata.

Copyrighted material

Grano enfermo: Es el maíz que presenta cualquiera de los siguientes defectos: lesión total o parcial causada por agentes químicos o biológicos y/o mancha o decoloración producida por las causas anteriormente citadas.

Grano picado: Es el maíz que presenta perforaciones causadas por insectos.

Grano roto: Es el maíz que se ha perdido hasta el 50% de su tamaño.

Materia extraña: Es toda materia correspondiente a restos vegetales, insectos muertos, paja, tierra, piedra y otros restos.

Bibliografía

1. CASTILLO, A. Almacenamiento y secamiento de granos.
2. ITINTEC. 1977. Norma técnica para comercialización de maíz amarillo duro.
3. HOVELAND, C.S. 1980. Crop Quality, Forage and Utilization. CSSA, ASA. Wisconsin, USA.
4. MANRIQUE, A. 1987. El maíz en el Perú.
5. PAULSEN, M.R. 1992. Measuring Corn Quality. En: Illinois Research, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.

Copyrighted material

Copyrighted material

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

Copyright IICA/PCI